

Aus der Poliklinik und Klinik für Zahn-, Mund- und
Kieferkrankheiten der Freien Universität Berlin

Direktor: Professor Dr.med.Dr.med.dent. Ewald H a r n d t

VERFÄRBUNG UND POLIERFÄHIGKEIT DES NEUEN
ZAHNÄRZTLICHEN FÜLLUNGSWERKSTOFFES F1

Inaugural - Dissertation
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
an der
Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Eberhardt Schmidt
aus Barchfeld/Werra

1968

Aus der Poliklinik und Klinik für Zahn-, Mund- und
Kieferkrankheiten der Freien Universität Berlin

Direktor: Professor Dr.med.Dr.med.dent. Ewald H a r n d t

VERFÄRBUNG UND POLIERFÄHIGKEIT DES NEUEN
ZAHNÄRZTLICHEN FÜLLUNGSWERKSTOFFES F1

Inaugural - Dissertation
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
an der
Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Eberhardt Schmidt
aus Barchfeld/Werra

Dekan: Professor Dr.med. Hans Wolfgang S p i e r
Referent: Professor Dr.med.Dr.med.dent. Ewald H a r n d t
Korreferent: Professor Dr.med.dent. Karl E i c h n e r



Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Freien Universität Berlin

Promoviert am: 11.September 1968

Meinen Eltern gewidmet



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung
2. Literaturübersicht
 - 2.1 Farbbeständigkeit
 - 2.1.1 Materialien
 - 2.1.2 Methoden
 - 2.1.3 Ergebnisse und Ursachen
 - 2.2 Anfärbbarkeit
 - 2.2.1 Methoden
 - 2.2.2 Ergebnisse
 - 2.3 Oberflächenuntersuchungen
 - 2.3.1 Methoden
 - 2.3.2 Ergebnisse
3. Eigene Untersuchungen
 - 3.1 Material
 - 3.2 Farbbeständigkeit
 - 3.2.1 Prüfung nach der FDI-Spezifikation Nr.3
 - 3.2.2 Ergebnisse
 - 3.3 Anfärbbarkeit
 - 3.3.1 Färbeversuche mit Methylenblau
 - 3.3.2 Ergebnisse
 - 3.4 Oberflächenuntersuchungen
 - 3.4.1 Methode
 - 3.4.1.1 Bearbeitung
 - 3.4.1.2 Oberflächenabdrücke
 - 3.4.1.3 Tastschnitte
 - 3.4.2 Ergebnisse
 - 3.4.2.1 Fotografien der Oberflächenabdrücke
 - 3.4.2.2 Tastschnitte
4. Diskussion
 - 4.1 Farbbeständigkeit
 - 4.2 Anfärbbarkeit
 - 4.3 Oberflächenuntersuchungen
5. Zusammenfassung
6. Literaturverzeichnis

1. Einleitung

Zur zahnfarbenen Wiederherstellung von Zahnhartgeweben, die durch verschiedene Ursachen eingeüßt wurden, stehen heute Silikatzemente und Kunststoffe als plastische Füllungsmaterialien und die Porzellaneinlagefüllung zur Verfügung. Auf Grund ihres weitgehend zahnfarbenen Aussehens finden sie besonders im sichtbaren Frontzahnbereich Verwendung. Ihre materialbedingten Nachteile fordern bei ihrer Verarbeitung einen Kompromiß zwischen ästhetisch befriedigender Restauration und unzureichender Beständigkeit und schränken die Anwendung im Seitenzahnbereich ein. Wichtige Beiträge zur Verbesserung der ungünstigen Eigenschaften sind die vielen chemischen und physikalischen Laborprüfungen der Werkstoffe, die seit ihrer Einführung mit ihnen durchgeführt wurden.

Eine Sonderstellung gegenüber den plastischen Füllungsmaterialien nimmt die Porzellaneinlagefüllung ein, die, sieht man von der Sprödigkeit des keramischen Werkstoffes ab, einen Schwachpunkt im Spalt hat, der durch das Befestigungszement gebildet wird.

Um eine einheitliche Prüfung von Materialeigenschaften zu fördern, hat der Bundesverband der deutschen Zahnärzte die FDI-Spezifikationen, die aus den ADA-Spezifikationen hervorgegangen sind, angenommen. In Anlehnung an diese Prüfvorschriften wurden in der vorliegenden Arbeit einige Eigenschaften des neuen zahnärztlichen Füllungswerkstoffes F1 untersucht. Er ist ein zur Verwendung im Frontzahnbereich geeignetes, selbstpolymerisierendes Kunststoffmaterial, das sich mit dem Dentin direkt verbinden soll. Diese Eigenschaft wurde durch andere Untersuchungen (32) überprüft. Es sind aber auch andere Voraussetzungen für die Verwendung im Munde von Bedeutung. Die bei den Kunststoffüllungen beobachteten Verfärbungen waren der Grund für die Prüfung dieses neuen Materials auf Farbbeständigkeit gegenüber Sonneneinstrahlung und

auf Empfindlichkeit gegenüber Einwirkung von färbenden Substanzen. Ebenso interessierte die Beschaffenheit seiner Oberfläche, die sich aus der oft notwendigen Entfernung von überschüssigem Material oder der Formgebung durch Bearbeitung mit materialabtragenden Instrumenten ergibt. Weil die Oberflächengestaltung einer Füllung sehr entscheidend das Aussehen und die Lebensdauer bestimmt, wurden Oberflächen, die durch verschiedene Bearbeitungsarten entstehen, untersucht. Ein Silikatzement (Achatit biochromatic) und ein selbstpolymerisierender Kunststoff (Palavit 55) wurden zum Vergleich unter den selben Bedingungen geprüft.

2. Literaturübersicht

2.1 Farbbeständigkeit

2.1.1 Werkstoffe

Mit der Einführung der Kunststoffe (1953) als Füllungsmaterialien war ein Werkstoff gefunden, der den Silikatzementen auf Grund seiner mechanischen Festigkeitswerte überlegen war (5,9,24,49). Seine Verwendung ließ eine Ausweitung der Indikation auf die Wiederherstellung von verlorengegangenen Schneidekanten zu. Bald zeigten jedoch klinische Beobachtungen entscheidende Mängel. Sehr auffällig war die geringe Farbbeständigkeit der ersten im Handel erhältlichen Werkstoffe (4,6,7,8,12,20,27,30,37,46,54,55). Diese neuen Präparate gehörten alle zu den selbstpolymerisierenden Methakrylaten. Mit verbesserten Eigenschaften kommen Methakrylate auch heute noch zur Anwendung.

Auf der Suche nach geeigneteren Kunststofffüllungsmaterialien kam einige Jahre später (1955) ein Füllungswerkstoff auf der Grundlage des Aziridinopolyesters (Cadurit) in den Handel, der aber die in ihn gesetzten Erwartungen nicht erfüllen konnte. Unter anderem war seine Farbbeständigkeit ungenügend (18,56). Der in der Materialzusammensetzung neueste Füllungswerkstoff (Addent) besteht, abgesehen von einem anorganischen Anteil, aus einer Mischung von Epoxydharzen und Akrylmonomeren (41,43).

2.1.2 Methoden

Die klinischen Beobachtungen der schlechten Farbstabilität der Kunststoffe veranlaßten die Prüfung der Werkstoffe durch Bestrahlung, da angenommen wurde, daß die Sonneneinstrahlung für die Verfärbung verantwortlich zu machen ist. Die Versuchsanordnungen waren unterschiedlich. Als Energiequellen wurden vorzugsweise Quarzlampen verwendet (4,5,12,16,27,30,33,34,45). Außer Mischlichtlampen (7,12), deren Strahlungseigenschaften dem des

Sonnenspektrums ähnlich waren, wurden normale Glühlampen (5,49) und Sonnenlicht (5,26,46,49) als Strahlungsquellen verwendet. Die Expositionsdauer wurde unterschiedlich gewählt und während eines Versuches, oft in Intervallen, bis auf 48 Stunden verlängert. Die Abstände der Lampen von den Prüfkörpern schwankten zwischen 18,20,25 und 30 cm. Die Größe und Form der Prüfkörper wurde sehr unterschiedlich gewählt. Materialproben wurden in verschiedenen Mischungsverhältnissen zwischen Polymer und Monomer hergestellt (4,5,25). Vor der Bestrahlung wurden die Prüfkörper in einigen Untersuchungen mit verschiedenen Medikamenten und Chemikalien betupft (20,27,33,46,56). Zur Beurteilung der Verfärbungsqualität und -intensität zog man meistens den visuellen Vergleich zwischen belichteten und unbelichteten Prüfkörpern heran. Häufig wurde auch eine zusätzliche photometrische Messung der Farbunterschiede vorgenommen. An den sehr willkürlich gewählten Versuchsbedingungen zeigte sich das Fehlen von einheitlichen Prüfungsrichtlinien. Das wurde besonders im deutschen Schrifttum offenbar. Die Untersuchungsmethoden amerikanischer Autoren dagegen hielten sich streng an die ADA-Spezifikation Nr.12 (6,7,41). Außerdem wurde sehr oft eine Farbmessung zur Darstellung der dem Auge verborgenen Verfärbungsgrade benutzt.

2.1.3 Ergebnisse und Ursachen

Der durch Bestrahlung hervorgerufene Verfärbungsgrad der ursprünglich im Handel befindlichen Kunststoffe war sehr erheblich. Man bezeichnete die Farbänderung bei visuellem Vergleich übereinstimmend als gelblich-bräunlich (5,12,24,25,34). Die Messung der Farbunterschiede mit dem Reflektometer bestätigte die visuellen Vergleiche (6,7,12). Die Farbstabilität der einzelnen Präparate war unterschiedlich. Die verbesserten Fabrikate zeigten eine geringere Tendenz zu Farbänderungen. Eine Abhängigkeit der Farbstabilität vom Mischungsverhältnis wurde wider-

sprechend beschrieben (4,5,25). Die Verfärbung durch Bestrahlung war an den Stellen der Prüfkörper intensiver, an denen Medikamente und Chemikalien appliziert worden waren. Die Verfärbungsintensität nahm mit der Dauer der Expositionszeit zu (4,5,27,56). Außerdem konnte eine Farbveränderung durch Temperaturen oberhalb von 60°C beobachtet werden. Absorptionsversuche an glasklaren Kunststofffolien von 0,1 mm Stärke zeigten die Auslösung einer Rotverschiebung durch Bestrahlung und eine sprunghafte Zunahme der Absorption bei kurzwelliger Strahlung (16).

Über die Art der Vorgänge, die im Material zu Farbänderungen führten, vertrat man unterschiedliche Meinungen. Daraus ergaben sich verschiedene Einteilungen ihrer Ursachen. Überwiegend folgte man der Einteilung von KREUDENSTEIN (54,55) in exogene und endogene Faktoren. Zu letzteren zählte man die Bestrahlungsverfärbung und die Oxydationsverfärbung, gelegentlich auch die Verfärbung durch Temperatur (4,5,46,54,55,56). Eine andere Einteilung stellte die photochemische neben die der chemischen und der durch Verunreinigung hervorgerufenen Verfärbung (16). Die Annahme der Aktivierung ruhender Radikale durch Photopolymerisation stellte die Trennung in Oxydations- und Bestrahlungsverfärbung in Frage (40). Als Ursache der Bestrahlungsverfärbung wurde die Wirkung des UV-Anteils des Lichtes auf das Residualmonomer und die im Werkstoff befindliche Amine angenommen. Die Oxydationsverfärbung wurde als eine nach der Polymerisation eintretende chemische Reaktion im Aktivatorsystem angesehen, die zur Bildung von färbenden Substanzen führte (4,5,46,55). Eine Untersuchung an neueren Kunststofffüllungsmaterialien wies die Methakrylate gegenüber einem zum Teil aus Epoxyd-

harz bestehenden Füllungswerkstoff, der den Anforderungen der ADA-Spezifikation Nr.12 nicht standhielt, als sehr farbbeständig aus (41).

Gleiche Ergebnisse zwischen Methakrylaten und Epoxydharzen konnte auch bei Kunststoffverblendmaterialien festgestellt werden (24). Die mit Reflektometer gemessenen Farbunterschiede der neuesten Methakrylatfüllungsmaterialien lagen unterhalb der Wahrnehmungsgrenze des Auges (41).

2.2 Anfärbversuche

2.2.1 Methoden

Im Gegensatz zu den Verfärbungen, die durch Reaktionen an einzelnen Bestandteilen des Materials im Inneren desselben abliefen, unterschied man Verfärbungen, die durch Substanzen erzeugt wurden, die während oder nach der Polymerisation Farbänderungen der Werkstoffe herbeiführten. Die in der Mehrzahl der Veröffentlichungen unter dem Begriff der exogenen Verfärbung zusammengefaßt, teils aber auch nur als Verunreinigung bezeichneten Ursachen differenzierte man in Beimischungs-, Kontakt- und Infiltrationsverfärbung (4,5,54,55,56). Gesondert davon wurde mitunter das Verhalten gegenüber Medikamenten herausgestellt (13,34,35,46,54,55,56,58). Die zu den Testen herangezogenen Medikamente und Chemikalien waren u.a. Eugenol, Chloroform, Alkohol, Wurzelfüllpasten, Desinfektionsmittel, Zahnlacke, Unterfüllungsmaterialien und Mittel zur Behandlung des erkrankten Parodontiums. Ihre Wirkung bezeichnete man als verfärbend, den Polymerisationsablauf störend und als das Gefüge des Kunststoffs schädigend. Die Verunreinigungen, die während des Anrührens und der Verarbeitung in das Füllungsmaterial gelangten, wurden Beimischungsverfärbungen genannt. Die Wasseraufnahme der Kunststoffe nach ihrer Polymerisation (5,8,26,57) und ihre unter der Polymerisation entstehende

Porosität (5,15,50,57), veranlaßte zu der Annahme einer Infiltration von färbenden Substanzen (54). Um das Verhalten der Kunststoffe gegenüber infiltrierend eindringenden Substanzen zu testen, verwendete man verschiedene, zum Teil sehr intensiv färbende Substanzen. Sehr oft wurde Methylenblau als Löfflersche- und wässrige Lösung in verschiedenen Konzentrationen benutzt. Weitere Färbemittel waren Kongorot, Brillantkresylblau, Fruchtsäfte sowie Nahrungs- und Genußmittel. Die Prüfkörper wurden von den Autoren in Temperatur und Zeitdauer abweichend den färbenden Lösungen ausgesetzt (13,16,24,27,29,30,35,37,41,45,46).

2.2.2 Ergebnisse

Die makroskopischen wie mikroskopischen Untersuchungen der angefärbten Präparate zeigten nur in einem Fall (12) eine Infiltration von 0,1 bis 0,3 mm. Alle anderen Autoren konnten übereinstimmend keine infiltrierende Verfärbung beobachten. Auch ein Versuch der Farbdiffusion durch einen mit Farbstoff gefüllten, hohlen Kunststoffkörper verlief negativ (5). Wenn auch ein Eindringen von färbenden Substanzen in das Füllungsmaterial generell nicht beobachtet werden konnte, so zeigte sich doch eine Retention von Farbstoffpartikeln in den mit der Oberfläche in Verbindung stehenden Porositäten des Werkstoffes. Ebenso ließen sich Prüfkörper, die der UV-Bestrahlung ausgesetzt waren, relativ gut anfärben (30). Den gleichen Effekt zeigten Einwirkungszonen von Medikamenten und Chemikalien. Allgemein konnte eine Abhängigkeit zwischen Oberflächenbeschaffenheit und Farbretenion (13,29,35,37,46) festgestellt werden. Oberflächen die unter einer Matrizie oder einem Zellophanstreifen ausgehärtet waren, und eine sogenannte Rindenschicht (9,47) gebildet hatten, waren gegen die Anfärbung resistent. Prüfkörper, an denen während der Polymerisation durch Monomerab-

dampfung eine trübe, kreidig und rauh aussehende Oberfläche (5) entstanden war, zeigten Haftmöglichkeiten für Farbstoffe. Silikatzemente ließen sich sehr gut anfärben (10,27).

2.3 Oberflächenuntersuchungen

2.3.1 Methoden

Durch Untersuchung von Oberflächen versuchte man die geeignetsten Bearbeitungsmethoden zur Verbesserung der Oberflächengüte zu finden, um die Werkstoffe den im Mund wirksamen zerstörenden Faktoren gegenüber resistenter zu machen (3,11,28,48). Das Ziel der Bearbeitung einer Füllungsoberfläche ist, die Rauigkeiten der Oberfläche so gering wie möglich zu halten, um Retentionsmöglichkeiten für Beläge zu beseitigen und die Flächen gegen chemische und mechanische Kräfte unempfindlicher zu machen. KÖRBER (28) ließ Probeplättchen aus Kunststoff fünf Tage im Munde tragen und färbte sie danach mit Methylenblau. Die unpolierten Prüfkörper zeigten eine starke Retention von gut färbbarem, organischem Material. Die polierten Oberflächen blieben sauber. Ebenso zeigte sich, daß polierte Oberflächen einer mechanischen Einwirkung wie dem Zerkratzen, besseren Widerstand entgegensetzten.

Die Entstehung eines sauren Milieus durch Belagsbildung an rauen Oberflächen wurde bei Silikaten als Faktor genannt, der die Löslichkeit des Materials beschleunigt (48). Für den gleichen Werkstoff wurde eine direkte Beziehung zwischen Korrosionsgröße und Oberflächenbeschaffenheit bestätigt (47). Ein oft benutztes Hilfsmittel zur Darstellung der Oberflächenstruktur war die Abdrucktechnik (11,21,22,47). Die Materialien, die zur Herstellung der Abdrücke benutzt wurden, waren u.a. Tylose und Triafol-BN-Folie. Die dünnen Abdruckfilme, die besonders von der elektronenmikroskopischen Präparationstechnik bekannt waren, gaben auch im Lichtmikroskop gute Be-

obachtungsmöglichkeiten.

Eine bessere Beurteilung des mikromorphologischen Oberflächenaufbaues brachte die Verwendung des Elektronenmikroskopes. Gegenüber dem Lichtmikroskop hatte es den Vorteil der größeren Schärfentiefe. Von RIEDEL und VAHL (48) wurde das Raster-Elektronen-Auflichtmikroskop verwendet. Es bot die Möglichkeit die Oberfläche des Werkstoffes ohne Umweg über einen Abdruck direkt zu betrachten.

Zur quantitativen Beurteilung der Oberflächenfeingestalt benutzte KÜRBER (28) das Lichtschnittmikroskop, welches die Unebenheiten durch die Veränderung parallel laufender Lichtbänder sichtbar machte. DOLDER (8,9) stellte Oberflächen durch stereophotographische Aufnahmen dar.

Besonders fand zur quantitativen Messung der Rauhtiefen das Tastschnittverfahren Verwendung (29,36,38). Das mit verschiedenen Geräten abgetastete Profil wurde durch vertikale und horizontale Vergrößerung der Rauhgkeiten und deren Aufzeichnung auf Papier sichtbar gemacht.

2.3.2 Ergebnisse

Die im Lichtmikroskop betrachteten Oberflächenabdrücke zeigten folgende Auffälligkeiten:

Die Verwendung eines Gummipolierers löste auf den Oberflächen von Autopolymerisatfüllungen Fältelungen und Risse aus, die der Hitzeentwicklung zugeschrieben wurden (11). Als bessere Bearbeitungsmethode wurde auf Grund der beobachteten Oberflächenabdrücke die Einebnung der Füllung mit Rosen- und Fissurenbohrern, Finierern und Leinenstreifen, zur Glättung der Filz mit Schleifwachs und zur Hochglanzpolitur der Wollschwabbel mit Hochglanzwachs empfohlen. Die Politur mit Wollhaarbürste und Schlämmkreide brachte Poren und Blasen zum Vorschein (11).

Elektronenmikroskopische Beobachtungen ergaben, daß während der schleifenden Bearbeitung der Kunststoffe

Schollen aus der Oberfläche herausgebrochen wurden und dabei Bruchkanten und Spaltrisse auftraten, die in horizontaler Richtung verliefen, sich aber auch in die Tiefe des Materials fortsetzten (30).

Das Schleifen in immer feiner werdenden Stufen und die Verwendung von Polierwachsen führte zu einer auch im elektronenmikroskopischen Bild glatten Oberfläche. Wurde zu heiß poliert, so zeigte die für das bloße Auge hochglänzende Fläche deutliche Unebenheiten. Bei glasfaserhaltigen Kunststoffen wurden, wie Untersuchungen im Raster-Elektronen-Auflichtmikroskop zeigten, die Fasern bei der Bearbeitung mit einem montierten Stein freigelegt, zertrümmert und herausgeschlagen. Eine echte Verbindung zwischen Glasfasern und Kunststoff konnte durch die beobachteten Spalträume zwischen den beiden Medien nicht bestätigt werden. Dasselbe Ergebnis brachten die Untersuchungen an glasfaserverstärktem Silikatzement. Dort lagen die Glasfasern oft paarweise aneinander. Ein struktureller Unterschied zwischen Silikatkörnern und Gel-Matrix konnte nicht festgestellt werden (48).

Polierte Füllungen zeigten aufgerauhtere Oberflächen als die unter Zellophanstreifen erhärteten (48). Beim Silikatzement wurden durch lichtmikroskopische Beobachtung der Oberflächenabdrücke Schleifspuren gesehen, die durch die Benutzung von Karborundumstein und Leinenstreifen entstanden. Nach der Politur mit Polierpasten waren keine Rauigkeiten mehr zu sehen (11). Die Bearbeitung mit dem Arkansasstein zeigte keine Vorteile gegenüber dem Finierer, der eine Oberfläche mit geringen Rauigkeiten und keinen Bearbeitungsspuren zeigte (11). Dies wurde von anderer Seite nicht bestätigt. Die durch Finierer geschaffene Oberfläche wurde als ausgesprochen rau bezeichnet, während einvaselinierter Soft-Acryl- oder Arkansassteine bessere Oberflächen hervorbrachten (47).

Die Benutzung von vaselinieren Zellophanstreifen wurde als nicht zweckmäßig bezeichnet, da die Vaseline deutliche Spuren auf der Oberfläche hinterließ. Die Zahlenwerte aus der Oberflächendarstellung durch Tastschnitte wiesen bei den unter Matrizen erhärteten Füllungsoberflächen 0,6 bis 1,8 μ für Autopolymerisate und 2,2 bis 4 μ für Silikate auf. Die Rauigkeiten wurden bei den Kunststoffen als oberflächliche Luftblasen bezeichnet. Bei den Silikatzementen fiel gegenüber den Kunststoffoberflächen die größere Riefenzahl pro Meßstreckeneinheit auf (29). Nach Bearbeitung der Kunststoffe mit Karborundumsteinen, Finierern und vaselinieren Arkansassteinchen waren Rauhtiefen von 4,5 μ zu messen, die durch Verwendung von Siliciumcarbidscheiben und weichen Polierbürsten mit Schlammkreide auf 0,7 und 0,9 μ herabgingen. Dagegen blieben alle Polierversuche an Silikatzementen unzureichend. Es traten Rauhtiefen von 18 bis 19 μ auf. In einer anderen Untersuchung durch das Tastschnittverfahren zeigte das unter Glas polymerisierte Palavit M die gleiche Oberfläche wie das Glas selbst (38). Mit dem Lichtschnittmikroskop wurde festgestellt, daß bei Palavit trotz sorgfältiger Politur keine glatte Oberfläche erzielt werden konnte (28).

Stereophotographische Aufnahmen machten nach viermonatiger Liegedauer einer Füllung Korrosionserscheinungen sichtbar, die in der Reihenfolge: Lösung der Kittsubstanz, Herausfallen von Silikatsplittern bzw. Kunststoffpolymerkörnern, Eröffnung von Porositäten beschrieben wurden (8,9).

3. Eigene Untersuchungen

3.1 Material

Gegenstand der Untersuchung ist ein neuer zahnärztlicher Füllungswerkstoff der Firma Kulzer & Co., Bad Homburg, mit der fabrikationsinternen Bezeichnung F1. Er wird in zunächst vier Farbmustern geliefert: Opak farblos und in drei unterschiedlichen zahnfarbenen Tönungen mit der Bezeichnung 212 (grau), 309 (hellgelb) und 430 (gelb). Nach Angaben des Herstellers ist der Werkstoff für alle Füllungsindikationen geeignet. Auf Grund einer chemischen Brückenbildung soll F1 eine direkte Verbindung mit der Zahnhartsubstanz eingehen. Beim Füllen der Kavität wird empfohlen, dieselbe feucht zu halten. Durch Anpassung der thermischen Eigenschaften an die des Zahnes soll ein guter Randschluß gewährleistet sein. Alle üblichen Matrizen sind verwendungsfähig. Zum Entfernen der Überschüsse an den Rändern wird die Benutzung von Finierern und feiner Schleifsteinchen geraten. Hochglanz soll nicht zu erzielen sein. Die Komponenten des Füllungswerkstoffes bestehen aus Pulver, Flüssigkeit und Katalysator. In der vorläufigen Gebrauchsanweisung wird das Pulver als mineralische Grundlage und die Flüssigkeit als Kunststoffmatrix der Füllung bezeichnet. Das Mischungsverhältnis ist vom Hersteller durch das mitgelieferte Pulvermaß und die Pipette festgelegt. Auf ein Pulvermaß kommen 10 bis 11 Tropfen Flüssigkeit und ein 8 mm langer, gleichmäßig aus der Tube gepreßter Strang Katalysatorpaste. Das Anmischen geschah nach Vorschrift in folgenden Arbeitsgängen: In die abgemessene Flüssigkeit wurde die nötige Katalysatormenge in der vorgeschriebenen Zeit von mindestens einer Minute gründlich und gleichmäßig eingerührt. Danach erfolgte die Zugabe des Pulvers, das während ca. 1 Minute durch vorsichtiges Rühren zur Vermeidung von Lufteinschlüssen mit dem Katalysator-Flüssigkeitgemisch vermengt wurde. Danach war die Masse verarbeitungsbereit.

Für die Herstellung der in dieser Arbeit untersuchten Prüfkörper war die sechs- bis achtfache Menge des einfachen Maßes notwendig.

Eine lichtmikroskopische Untersuchung des F1-Pulvers zeigte sehr unterschiedlich geformte Bestandteile. Neben gleichmäßig runden Gebilden mit Durchmessern von 5 bis 50 μ waren ungleichmäßige, scharfe, kantige, kristallähnliche Formen zu finden, deren Größe sich zwischen 5 und 75 μ bewegte. Über die prozentualen Anteile der beiden verschiedenen Materialformen gibt das mikroskopische Bild keinen Aufschluß, die Verteilung der einzelnen Bestandteile scheint gleichmäßig über dem betrachteten Bildausschnitt (Abb.1) zu sein. Nach mehrfachem Auswaschen des Pulvers mit Chloroform zeigte das mikroskopische Bild (Abb.2) nur noch die kristallähnlichen Bestandteile. Durch das Zentrifugieren von Pulveraufschwemmungen in Xylol, Wasser und Chloroform war eine Sedimentierung von makroskopisch sichtbaren, unterschiedlichen Schichten des Pulvers auszumachen.

Zum Vergleich zeigte die mikroskopische Betrachtung von Palavitpulver (Abb.3) die typischen runden Formen des Perlpolymerisates in der Größenordnung von 5 bis 50 μ . Das Pulver von Achatit biochromatic (Abb.4) wies neben seinen kristallähnlichen, scharfkantigen Pulverkörnern noch die glatten, gleichmäßig starken Glasfasern auf, deren Länge ca. 3 mm und deren Durchmesser 10 μ beträgt. Die Untersuchung des Pulvers ergab folgendes:

1. Das Pulver setzt sich aus einem organischen und einem anorganischen Anteil zusammen. Die organische Komponente gleicht den Polymerkörnern des Palavits und läßt sich in Chloroform lösen. Die anorganische Komponente ist in ihrem mikroskopischen Erscheinungsbild den Pulverkörnern des Silikatzementes sehr ähnlich.
2. Die deutliche sichtbare Schichtung beim Zentrifugieren der Pulveraufschwemmung zeigte, daß die Dichte der einzelnen Pulverbestandteile unterschiedlich ist.

Pulverbestandteile

von F1, Palavit 55 und Achatit biochromatic

Im Durchlichtmikroskop fotografiert; 100-fach vergrößert

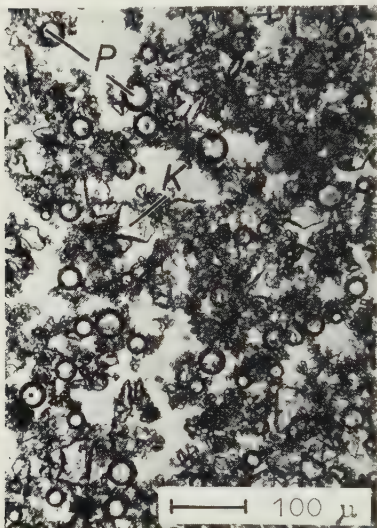


Abb. 1 F1 Pulver (P=Polymerkugeln; K=Kristalle)

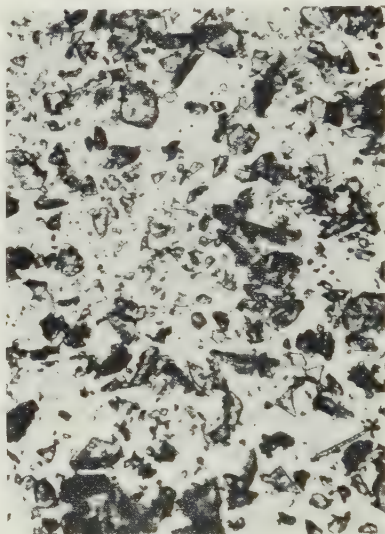


Abb. 2 F1 Pulver mit Chloroform ausgewaschen



Abb. 3 Palavit 55 Pulver (Polymerkugeln)

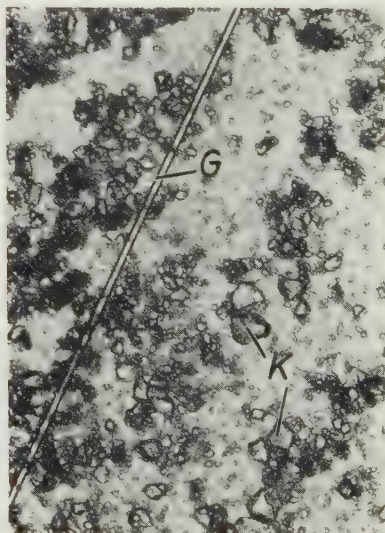


Abb. 4 Achatit biochromatic Pulver (G=Glasfaser; K=Kristalle)

3.2 Prüfung der Farbbeständigkeit bei Bestrahlung

3.2.1 Methode

Zur Prüfung gelangten von dem Füllungswerkstoff F1 die Farbmischungen 212, 309, 430 und "klar", sowie die Farbe 9 von Palavit 55. Ein Vergleich mit Achatit biochromatic unter den gegebenen Versuchsbedingungen war wegen der Austrocknung und der damit verbundenen Verfärbung des Materials wenig sinnvoll. Er wurde deshalb nicht durchgeführt. Die Prüfung der Farbbeständigkeit erfolgte unter den Bedingungen, die in der FDI-Spezifikation Nr.3 für Prothesen-Kunststoffe angegeben sind. Die scheibenförmigen Prüfkörper, deren Durchmesser 50 mm und Stärke 0,5 mm beträgt, wurden in einer verchromten Metallform mit den entsprechenden Abmessungen hergestellt. Abweichend von dem Abs.4.3.3 der FDI-Spezifikation Nr.3 entfiel die Polymerisation in einer Küvette mit Wärmezufuhr, da es sich bei den geprüften Materialien um Autopolymerisate handelte. Die freie Oberfläche des in die Form eingebrachten Werkstoffes wurde mit einer Glasplatte unter leichtem Druck abgedeckt. Damit die gehärteten Prüfkörper besser aus ihrer Form zu entnehmen waren, konnte dieselbe senkrecht zu ihrem Durchmesser geteilt werden. Palavit blieb zur Aushärtung 15 Minuten in der Form, F1 26 Minuten. Nach 10 Minuten löste sich die Oberfläche des Palavit von der abgedeckten Glasplatte vollständig ab. F1 zeigte nur eine teilweise Lösung nach ca. 20 Minuten. Eine noch gummiartige Konsistenz hatte eine F1 Materialscheibe, die nach 20 Minuten aus der Form genommen wurde. Die Prüfkörper wurden mit dem unter Abs.4.3.6 der FDI-Spezifikation Nr.3 beschriebenen Gerät bestrahlt. Die darin angegebene Lampe amerikanischen Fabrikats war in Deutschland nicht erhältlich. An ihrer Stelle fand die Lampe GUR 53 (Ultra-Vitalux) der Firma Osram Verwendung, die dem amerikanischen Typ ähnlich ist. Eine Hälfte der

zur Bestrahlung kommenden Prüfkörper wurde mit Metallfolie umwickelt. Sie blieb dadurch unbelichtet. Zusätzlich kam eine von den gleichen Materialien und Farben hergestellte Serie von Prüfkörpern zur Aufbewahrung in völliger Dunkelheit. Die Belichtung der auf einer mit 33 U/min. rotierenden Aluminiumscheibe von 380 mm Durchmesser angebrachten Prüfkörper dauerte 24 Stunden (nach FDI-Spez.Nr.3). Die Lampe war in einem Abstand von 17,8 cm über den Prüfkörpern befestigt. Die Beurteilung der aufgetretenen Farbänderungen erfolgte wie im Abs.4.3.6 der FDI-Spez.Nr.3 gefordert, visuell. Dazu wurden die im Dunkel aufbewahrten und die zur Hälfte belichteten Prüfkörper auf einen grauen Untergrund gelegt und von 5 Personen mit farbtüchtigen Augen betrachtet. Zur feineren Bestimmung der für das Auge nicht erkennbaren Farbunterschiede konnte in der Bundesanstalt für Materialprüfung eine Farbmessung an den belichteten und unbelichteten Prüfkörpern nach DIN 5033 vorgenommen werden. Das verwendete Farbmessgerät lieferte die Normalfarbwerte X,Y,Z, aus denen die Mac-Adam-Einheiten errechnet werden konnten. Diese stellten die empfindungsgemäß bewerteten Farbunterschiede dar.

3.2.2 Ergebnisse

Der zwischen der abgedeckten Hälfte und der belichteten Hälfte eines Prüfkörpers, sowie der zwischen den im Dunkel aufbewahrten Prüfkörpern und den belichteten Hälften der bestrahlten Prüfkörpern gezogene Vergleich läßt übereinstimmend keine Farbunterschiede erkennen (Abb.5).

Die Mac Adam - Einheiten (ΔE_{Ma}) für die Farbunterschiede zwischen belichteten und unbelichteten Prüf-

körpern sind folgende:	Palavit 55	9	1,54
	F1	klar	1,69
	F1	212	1,78
	F1	309	2,64
	F1	430	1,81

Das normale Auge kann Farbunterschiede, die kleiner als 2 Mac Adam - Einheiten sind, nicht wahrnehmen. Wird die Zahl 2 nur wenig überschritten, kann der Farbunterschied nur wahrgenommen werden, wenn die zu vergleichenden Farben unmittelbar nebeneinander liegen.

Wie der visuelle Vergleich aber zeigte, konnte auch der bei 2,64 liegende Farbunterschied nicht erkannt werden.

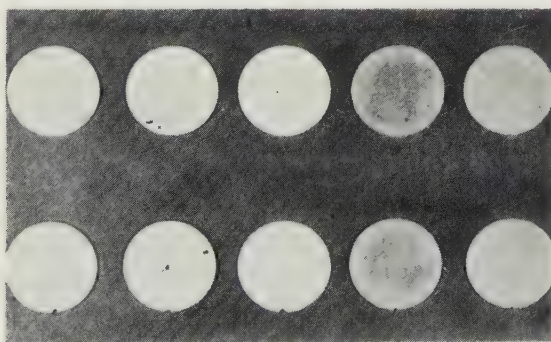


Abb.5 Belichtete und unbelichtete Prüfkörper von Palavit 55, F1: klar, 212, 309, 430 (v. li. nach re.)
 obere Reihe: in der unteren Hälfte belichtete Prüfkörper
 untere Reihe: unbelichtete Prüfkörper

3.3 Anfärbbarkeit

3.3.1 Methode

Um einheitliche Arbeitsbedingungen für alle drei verwendeten Materialien zu schaffen, wurde die Herstellung der Prüfkörper in Anlehnung an die Vorschriften der FDI-Spezifikation Nr.5 für Silikatzemente Abs.4.3.1 und 4.3.5 ausgeführt.

Die mit den Werkstoffen gefüllten Formen blieben eine Stunde lang in einer Atmosphäre von 100 %iger Feuchtigkeit und einer Temperatur von 37°C . Eine zweite Serie erhärtete und lagerte in ihren Formen für eine Stunde bei Zimmertemperatur ($23 \pm 2^{\circ}\text{C}$). Dabei fiel auf, daß die zunächst spiegelnd glatten Oberflächen der trocken gelagerten Silikatzementprüfkörper kurze Zeit nach der Entnahme aus der Form krakeleeartig aufrissen. Die Risse waren gleichmäßig über die Oberfläche verteilt und gaben ihr ein stumpfes Aussehen. Die trocken aufbewahrten Kunststoffprüfkörper zeigten keine Unterschiede gegenüber den in der feuchten Kammer hergestellten Proben. Das Anmischen der Kunststoffe (F1 und Palavit 55) erfolgte nach den Angaben des Herstellers. Achatit biochromatic wurde in der vorher bestimmten Standardkonsistenz nach der FDI-Spezifikation Nr.5 Abs.4.3.1 und 4.3.2 angemischt. Die Bestimmung der Standardkonsistenz ergab 0,4 ml Flüssigkeit für 1,40 g Pulver.

Zur Herstellung der 20 x 7 x 2 mm großen Prüfkörper dienten aus Glasteilen zusammengesetzte Formen. In diesen Formen erhärtete das jeweilige Füllungsmaterial unter einer Glasplatte oder unter Zellophanstreifen. Ein Prüfkörper eines jeden Materials blieb ohne Abdeckung. Die rechteckigen Oberflächen der Prüfkörper wurden beiderseits parallel zu ihrer Querseite in einem 3 mm breiten Streifen mit verschiedenen Schleif- und Polierinstrumenten bearbeitet (Abb.6).

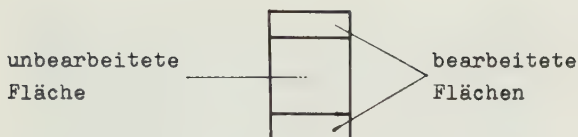


Abb.6 Schematische Darstellung der Prüfkörperbearbeitung (Originalgröße 20 x 7 mm)

Die Bearbeitung der Proben erfolgte unter reichlicher Wasserzufuhr mit folgenden Handstückinstrumenten:

- walzenförmiger Finierer,
- Arkansasstein,
- Gummipolierer,
- Achatstein,
- weiche Bürste (mit Schlämmkreide)
- Flanellschwabbel (mit Schlämmkreide)
- Leinenstreifen.

Die vier Prüfkörper eines jeden Materials hatten jeweils eine unbearbeitete und zwei bearbeitete Flächen.

Die unter Glas und Zellophanabdeckung entstehenden Oberflächen waren spiegelnd glatt. Von den offen ausgehärteten Materialproben waren die des Achatit biochromatic sehr rauh und zerklüftet, die des F1 und Palavit waren rauh. Eine besondere Oberfläche bildete sich beim F1 durch Loslösen des Materials von der Bedeckung während der Polymerisation. Sie konnte als stumpf bezeichnet werden.

Gleich nach der Bearbeitung wurden die Prüfkörper für 10 Minuten in eine gesättigte, wässrige Methylenblaulösung (1g/25ml) gelegt, sodann mit Wasser abgespült, mit Zellstoff leicht trocken getupft und fotografiert

3.3.2 Ergebnisse

Beurteilung des Anfärbens der unbearbeiteten Oberflächen (Abb.7):

F1 nimmt an den unter Glas und Zellophanabdeckung polymerisierten Flächen keine Farbe an. Auch nicht an

jenen, die sich während der Polymerisation von der Bedeckung abgelöst haben. Eine geringe Anfärbung zeigt die ohne Abdeckung erhärtete Fläche.

Beim Palavit 55 zeigt keine Fläche eine Farbretenion. Alle Flächen beim Achatit biochromatic weisen eine intensive Blaufärbung auf, besonders die ohne Abdeckung gebliebene.

Unwesentliche Anfärbungen sind bei allen bearbeiteten Flächen zu beobachten, der Unterschied zwischen der Anfärbungsintensität ist gering. Achatit biochromatic ist an den bearbeiteten Flächen durchweg stark angefärbt, etwas weniger gefärbt scheint die mit dem Gummipolierer gestaltete Oberfläche zu sein. Nur die bei der Bearbeitung eröffneten Porositäten zeigen beim Palavit 55 eine Retention von Farbstoffen.

Die zweite, trocken aufbewahrte Serie der Kunststoffprüfkörper unterscheidet sich in ihrer Anfärbbarkeit nicht von der ersten. Die Achatit biochromatic Prüfkörper der zweiten Serie lassen eine intensive Anfärbung ihrer Risse erkennen, während die Flächen zwischen den Sprüngen gering angefärbt werden.

Ein Eindringen von Farbstoff in den Kunststoff läßt sich bei 40-facher Lupenvergrößerung an den Bruchflächen nicht feststellen. An den Achatit biochromatic-Prüfkörpern der naß aufbewahrten Serie kann eine sehr dünne, oberflächliche Schicht von blaugefärbtem Material beobachtet werden. Die trocken aufbewahrten Achatit biochromatic Proben zeigen entlang der Risse, die das Material vollkommen durchsetzten, eine intensive Anfärbung.

Putzversuche mit Zahnbürste und Zahnputzmitteln verlaufen bei den angefärbten F1 und Achatit biochromatic Proben negativ (bei einer Reinigungsdauer von 3 Minuten). Während bei Achatit eine Schicht abgetragen werden muß, um die Anfärbung zu beseitigen, genügt bei F1 die Politur mit weicher Bürste und Schwabbel.

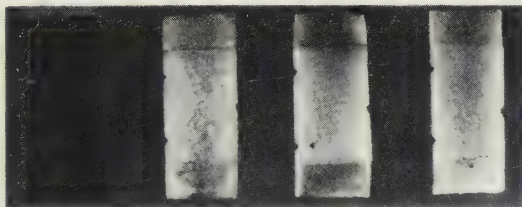


Abb. 7 Mit Methylenblau angefärbte Prüfkörper
Achatit biochromatic, F1 klar, F1 309 und
Palavit 55 (von links nach rechts)

Sehr gut läßt sich die Farbe durch Tylose C 10 - Oberflächenabdrücke von den angefärbten Prüfkörpern entfernen. Nach Abziehen des Abdruckfilms sind alle Farbrückstände, die vor der Abdrucknahme in den Rauigkeiten der Oberfläche zu sehen sind, von den Prüfkörpern verschwunden und befinden sich im Abdruckfilm.

3.4 Oberflächenuntersuchungen

3.4.1 Methode

3.4.1.1 Bearbeitung

Die Herstellungsweise der Materialproben war die gleiche, wie im Kapitel über die Anfärbbarkeit geschildert. Untersucht wurden Oberflächen von F1, Palavit 55 und Achatit biochromatic.

Zur Oberflächenbearbeitung der Füllungswerkstoffe kamen folgende Handstückinstrumente zur Anwendung:

walzenförmiger Finierer

Arkansasstein und Karborundumstein

Gummipolierer (Vorpolierer u. Hochglanzpolierer)

Sandpapier

Achatstein

weiche Radbürste (mit Schlämmkreide)

Flanellschwabbel (mit Schlämmkreide)

Filzrad (mit Schlämmkreide)

Die Flächen, die für die Bearbeitung mit Achatstein, Schwabbel, Bürste und Filz vorgesehen waren, wurden, da diese Instrumente kaum Material abtrugen, vorher mit Sandpapier um ca. 0,5 mm eingeebnet. Finierer, Stein und Gummipolierer trugen den Werkstoff in genügender Stärke selbst ab, bei ihnen entfiel dieser vorbereitende Arbeitsgang. Der Bearbeitung mit einem gröberen Gummivorpolierer schließt sich eine Oberflächenbearbeitung mit einem feinen Hochglanzgummipolierer an. Der Arkansassteinbearbeitung ging die Einebnung der Oberfläche mit einem feinen walzenförmigen Karborundumstein voraus. Der Kontakt zwischen Werkstoff und Schleifkörpern vollzog sich unter ausreichender Wasserzufuhr. Die Politur mit Schwabbel, Bürste und Filz, erfolgte mit in Wasser aufgeschwemmter Schlammkreide. Die geschliffenen und polierten, ca. 3 mm breiten Streifen wurden von der in der Form gewonnenen Materialprobe abgeschnitten. Die Oberflächen, die durch Aushärtung der Materialien unter einem Zellophanstreifen oder ohne Abdeckung entstanden, blieben ohne jede weitere Bearbeitung.

3.4.1.2 Oberflächenabdrücke

Die qualitative Darstellung der Oberflächen erfolgte durch Fotografie der von ihnen gewonnenen, im Mikroskop vergrößerten Abdruckfilme. Als Abdruckmaterial kam bei F1 und Palavit 55 eine wässrige Lösung von Tylose C 10 zur Anwendung, wie sie in der von POHLMANN und VOLK (44) beschriebenen Methode zur Darstellung von Oberflächen für elektronenmikroskopische Zwecke Verwendung fand. Diese Abdruckmethode liefert auch bei sehr rauen Oberflächen noch gute Abdrücke und löste, was hier besonders wichtig war, die organische Substanz der Füllungswerkstoffe nicht an. Die gut tropfbare Tylose C 10 - Lösung wurde

dünn auf die darzustellende Oberfläche aufgetragen und nach Trocknung als Film abgehoben. Versuche, Achatit biochromatic - Oberflächen auf diese Weise abzuformen schlugen fehl. Die abgetrockneten Tylose Filme konnten nicht von der Oberfläche entfernt werden. Da beim Achatit biochromatic keine Veränderung der Oberflächen durch organische Lösungsmittel befürchtet werden mußte, kam hier eine Abformung der Oberfläche mit Triafol - BN - Folie (0,04 mm) Stärke und Aceton, wie von PFISTERER (42) angegeben, in Frage.

Auf die mit Aceton angefeuchtete, abzuformende Oberfläche wurde ein entsprechend großes Stück Folie ohne Druck aufgelegt. Nach einer Trocknungszeit von 3 bis 4 Minuten ließ sich der Abdruckfilm leicht entfernen. Die von den Prüfkörpern abgenommenen Tylose- und Triafolfilme wurden auf einen Objektträger unter ein Deckglas gebracht und waren damit bereit zur lichtmikroskopischen Betrachtung und Fotografie.

3.4.1.3 Tastschnitte

Die quantitative Messung der Oberflächengestalt wurde mit dem Perth-O-Meter durchgeführt. Die Oberfläche der Prüfkörper wurde rechtwinklig zum Verlauf der Bearbeitungsspuren abgetastet (Querrauhigkeit). Die gemessenen Rauhtiefen wurden von dem Gerät als Tastschnitte aufgezeichnet. Die aufgenommenen Tastschnitte stellten das senkrecht zur Oberfläche abgenommene, vergrößerte Profil der untersuchten Oberfläche dar. Das Kurvenbild charakterisierte die Größe der Rauhtiefen und die Häufigkeit der Riefen auf der gemessenen Strecke (Abb.33-56). Bei allen aufgenommenen Tastschnitten waren die Vertikalen im Verhältnis von 1 : 4.000 überhöht, die Vergrößerung der Horizontalen betrug 1 : 40. An der zu messenden Oberfläche brauchte der Tastkopf des Perth-O-Meters eine 2,5 cm lange Auflagefläche.

Deshalb wurden die ca. 5 x 7 mm großen Prüfkörper mit ihrer bearbeiteten Fläche in einen 3 cm langen und 1 cm breiten Kerrmasseblock eingebettet. Die unter einer Glasplatte gewonnene Oberfläche der Kerrmasse war niveaugleich mit der zu untersuchenden Oberfläche des Prüfkörpers.

3.4.2 Ergebnisse

Fotografien der Oberflächenabdrücke

Palavit 55 (Abb.8-18)

Die unbearbeiteten Flächen zeigen deutlich Konturen von den Polymerkörnern des Pulveranteils.

Besonders die Oberfläche ohne Abdeckung läßt die dicht nebeneinander liegenden Kugeln verschiedenen Durchmessers erkennen. Die unter einem Zellophanstreifen erhärtete Oberfläche läßt ebenfalls andeutungsweise die Polymerkugeln als runde Flächen erkennen.

Die bearbeiteten Flächen zeigen gerade, parallele Linien, die dem Instrument und der Richtung der Bearbeitung entsprechen. Sehr deutlich sind diese Linien bei Sandpapier, Gummipolierer und Filz (mit Schlämmkreide) zu sehen. Die durch Achatstein und Arkansasstein hervorgerufenen Linien weisen schartige Verbreiterungen auf. Der Finierer erzeugt Spuren, die senkrecht zu ihrer Verlaufsrichtung periodische Abschwächungen und Verstärkungen erkennen lassen. Die geringste Anzahl von sehr schwachen Spuren hinterläßt der Schwabbel und die weiche Bürste mit Schlämmkreide. Eine von den Materialkomponenten bedingte Eigenstruktur kann bei Palavit 55 nicht festgestellt werden. Nur als Zufallsbefund kann bei einer mit Schwabbel und Bürste polierten Fläche ein Hervortreten des Kugelpolymers gegenüber der aus dem Monomer hervorgegangenen Zwischensubstanz beobachtet werden (Abb.8).

Achatit biochromatic (Abb.19-28)

Auf der Oberfläche der frei ausgehärteten Werkstoffprobe heben sich deutlich die Glasfasern und die

Kristalle des Achatit biochromatic - Pulvers von einem granulierten, schlierigen Untergrund ab. Der mit Zellophanstreifenabdeckung entstandene Prüfkörper zeigt eine einheitliche, nicht strukturierte Grundfläche, auf der einige runde und kristallähnliche Formen zu sehen sind. Besonders zu erwähnen sind einige feine, unregelmäßig verlaufende Krakeleerisse. Aus den durch Filz, Schwabbel, Bürste und Gummipolierer bearbeiteten Oberflächen heben sich gleichmäßig verteilte, große und kleine Kristallformen aus einer wenig Strukturen zeigenden Fläche heraus. Sie sind in ihrem Erscheinungsbild identisch mit den Kristallkörnern des Achatit biochromatic - Pulvers (Abb.4). Auf allen Flächen der Kristalle sind in gleicher Richtung verlaufende, schwache Linien festzustellen, die der Bearbeitungsrichtung entsprechen. Neben den Kristallformen sind noch runde, auf der Aufnahme meist mit einem dunklen Hof umgebene Flächen mit unterschiedlichem Durchmesser zu sehen. (Abb.23,26). Die kleinsten davon entsprechen Querschnittgrößen der im Pulver vorhandenen Glasfasern. Bei der mit Sandpapier bearbeiteten Fläche sind diese Gebilde am deutlichsten zu erkennen, weil die Spuren der Bearbeitung sehr schwach ausgeprägt sind und die Fläche insgesamt konturenarm und feinkörnig aussieht. Oberflächen von Achatit biochromatic, die mit Finierern, Arkansasstein und Achatstein bearbeitet sind, zeigen eine kontrast- und konturenreiche Fläche in der sich aber nur sehr undeutlich die ehemaligen Pulverbestandteile erkennen lassen. Sehr klar kommen stabartige Formen zur Geltung, die den im Pulver des Achatit biochromatic vorhandenen Glasfasern entsprechen.

F1 (Abb.29-38)

Auf der frei auspolymerisierten Oberfläche sind alle Bestandteile des F1 - Pulvers zu erkennen. Die

Kristalle und Polymerkörner liegen unregelmäßig nebeneinander. Ihre Strukturen grenzen sich nicht sehr deutlich gegeneinander ab. Aus der unter Zellophanstreifen erhärteten Fläche heben sich deutlich einige kantige und sehr schwach wenig runde Formen ab.

Die durch Filz, Bürste und Schwabbelpolitur (alle mit Schlämmkreide) erzielten Oberflächen zeigen scharfkantige Kristallformen verschiedener Größe, die gleichmäßig um meistens annähernd runde Flächen gruppiert sind. Die kantigen Kristallformen entsprechen dem anorganischen Pulveranteil, die runden, zum Teil zusammenfließenden Flächen den angeschnittenen Polymerkörnern. Auf letzteren sind deutlich Spuren der Bearbeitungsrichtung zu sehen.

Bei der durch Gummipolierer bearbeiteten Fläche werden Kristallelemente nicht deutlich aus der Fläche herausgearbeitet. Auf den angeschnittenen Polymerkörnern ergaben sich kräftige Bearbeitungsspuren. Arkansasstein und Leinenstreifen bringen einander ähnliche Oberflächenbilder. Die Kristalle sind nicht herausgearbeitet, sondern andeutungsweise als unregelmäßige Flächen zu sehen. Die Spuren der Bearbeitung bilden sich nur schwach aus.

Ineinanderfließende, unregelmäßige Faltenstrukturen lassen sich auf der mit dem Achatstein bearbeiteten Fläche erkennen.

Die Finiererbearbeitung zeigt wolkig verschwommene Strukturen, aus denen lediglich die runden Formenelemente der angeschnittenen Polymerkörner etwas deutlicher hervortreten.

Oberflächenabdrücke von Palavit 55
Im Durchlichtmikroskop fotografiert, 100-fach vergrößert
(Abbildungen 8 bis 18)

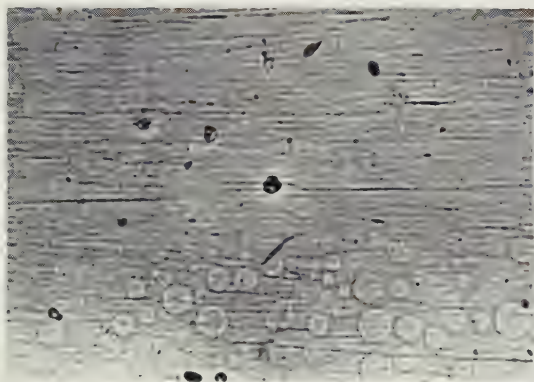


Abb. 8 Durch Bearbeitung hervor-
getretene Polymerkugeln

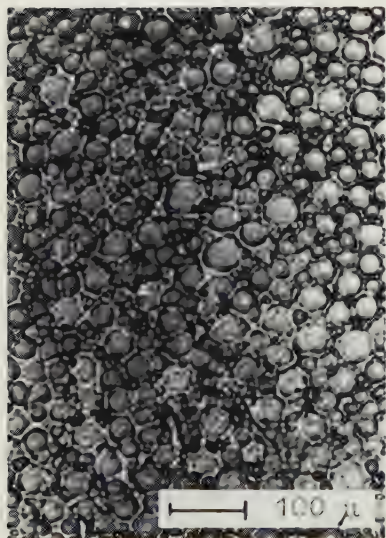


Abb. 9 Ohne Abdeckung er-
härtete Oberfläche

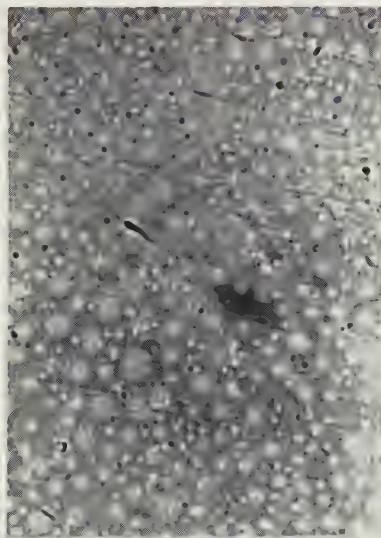


Abb. 10 Unter Zellophan-
streifen erhärtete Ober-
fläche

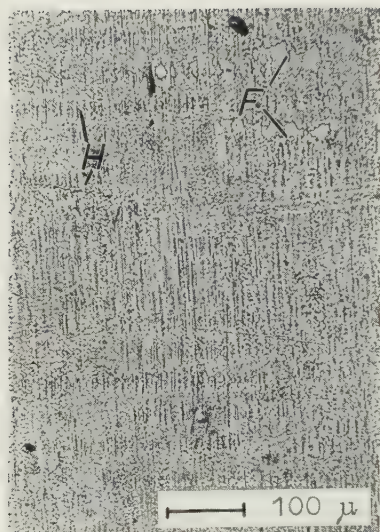


Abb. 11 Finierer (H=Hieb-
spuren; F=FehlerimAbdruck)



Abb. 12 Arkansasstein



Abb. 13 Sandpapier

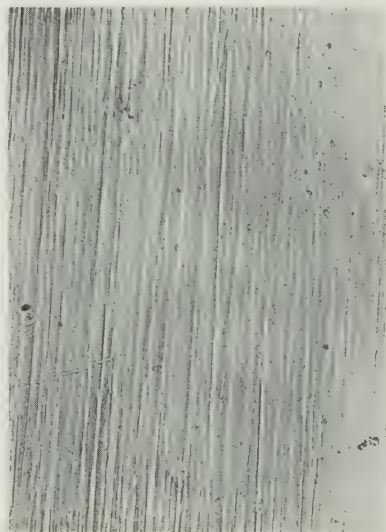


Abb. 14 Gummipolierer

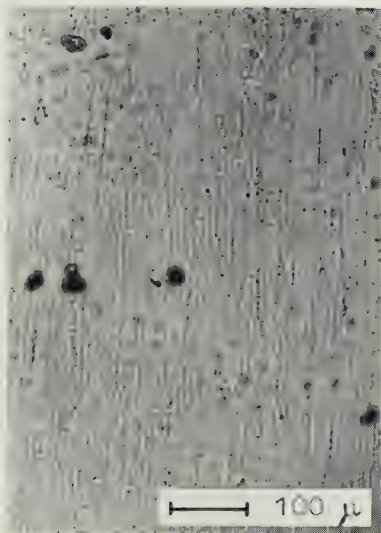


Abb. 15 Achatstein

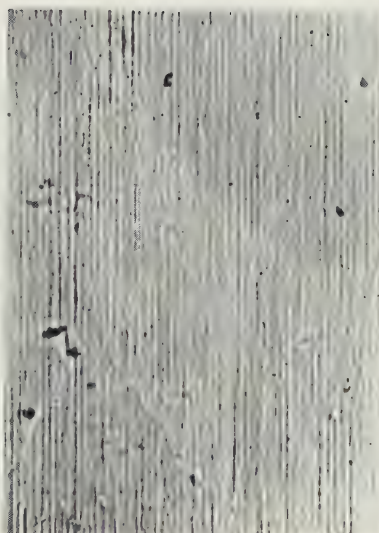


Abb. 16 Filz mit Schlammkreide

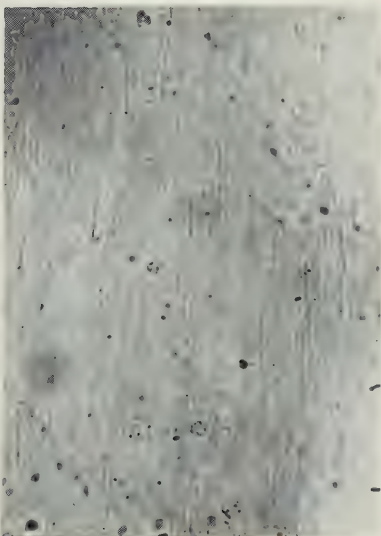


Abb. 17 Bürste mit Schlammkreide

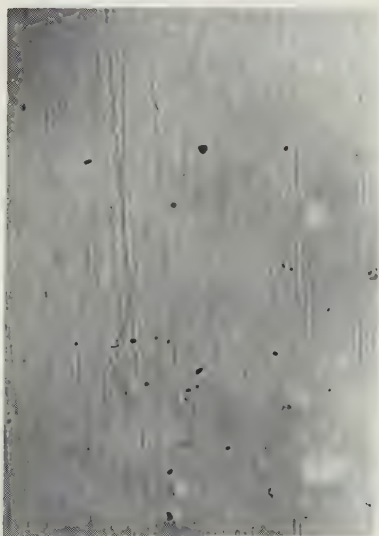


Abb. 18 Schwabbel mit Schlammkreide

Oberflächenabdrücke von Achatit biochromatic
Im Durchlichtmikroskop fotografiert; 100-fach vergrößert
(Abbildungen 19 bis 28)

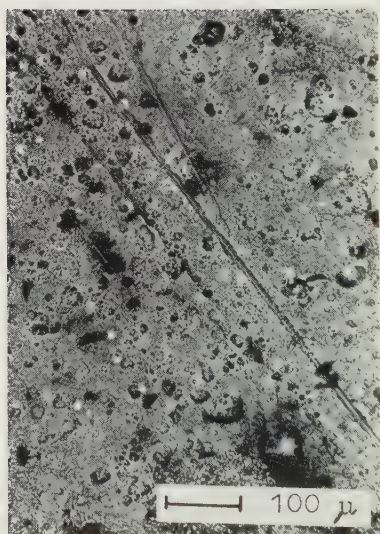


Abb. 19 Ohne Abdeckung erhärtete Oberfläche

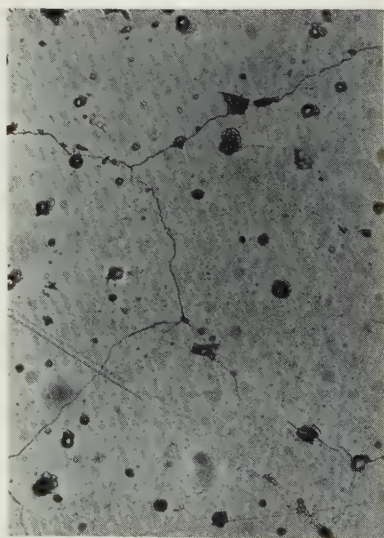


Abb. 20 Unter Zellophanstreifen erhärtete Oberfläche

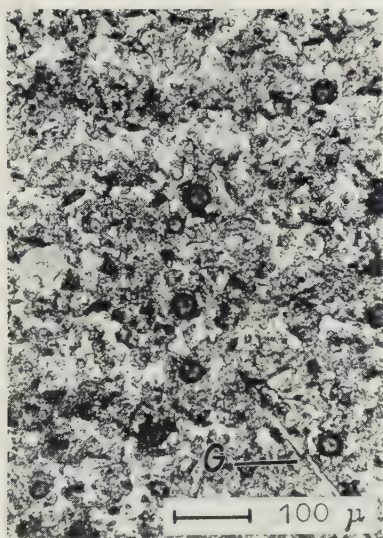


Abb. 21 Finierer (G = Glasfaser zum Teil abgebrochen)

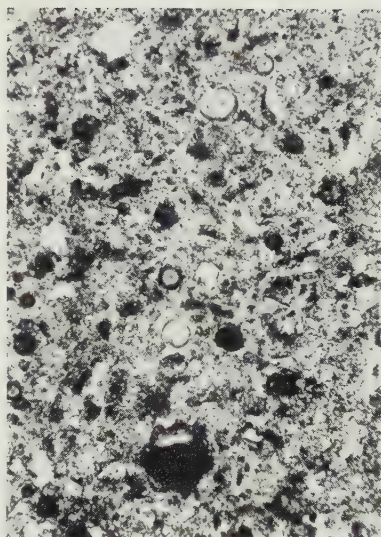


Abb. 22 Arkansasstein

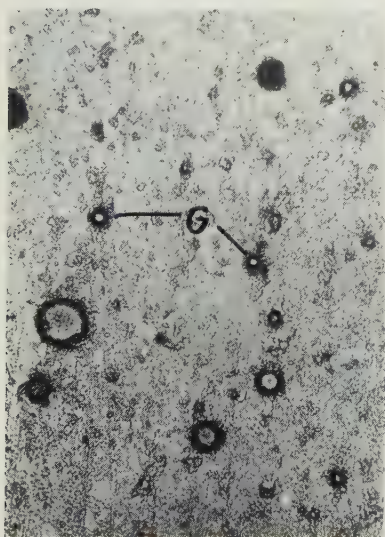


Abb. 23 Sandpapier (G = Glasfasern quer)



Abb. 24 Gummipolierer

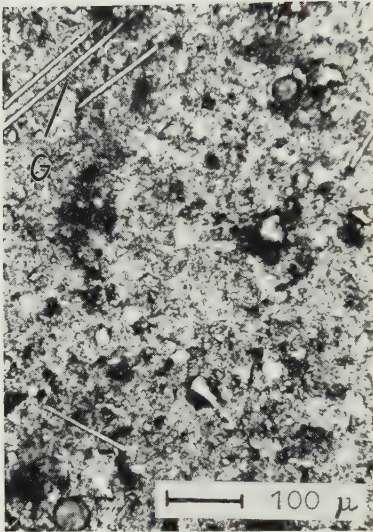


Abb. 25 Achatstein (G=leeres Glasfaserbett)

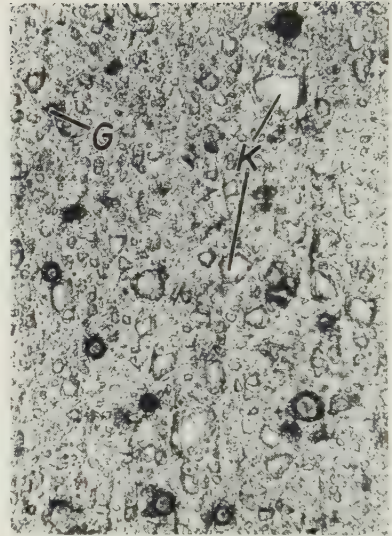


Abb. 26 Filz mit Schlammkreide (G=Glasfaser; K=Kristalle)

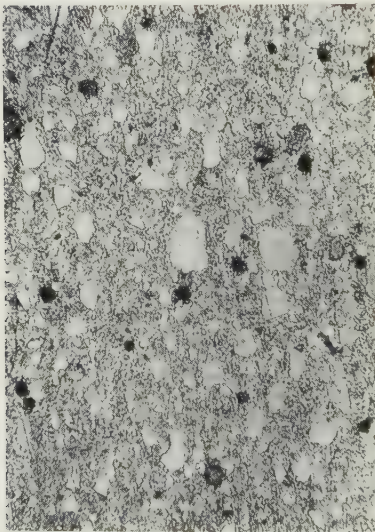


Abb. 27 Bürste mit Schlammkreide

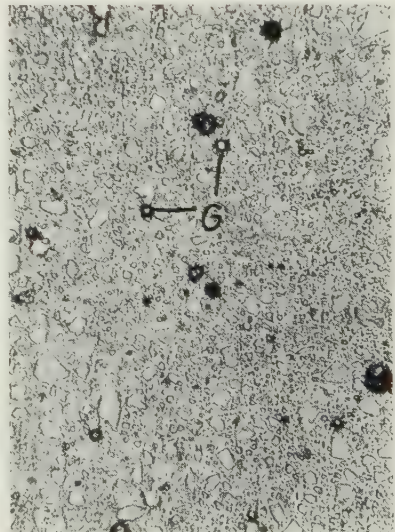


Abb. 28 Schwabbel mit Schlammkreide (G=Glasfasern quer)

Oberflächenabdrücke von F 1

Im Durchlichtmikroskop fotografiert; 100-fach vergrößert
(Abbildungen 29 bis 38)

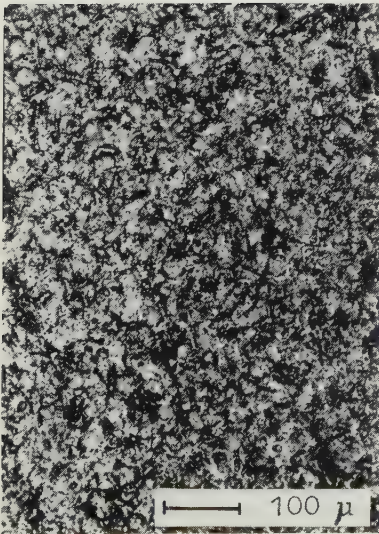


Abb. 29 Ohne Abdeckung er-
härtete Oberfläche

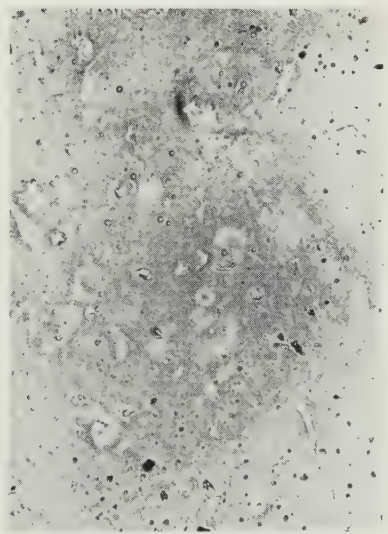


Abb. 30 Unter Zellophan-
streifen erhärtete Ober-
fläche

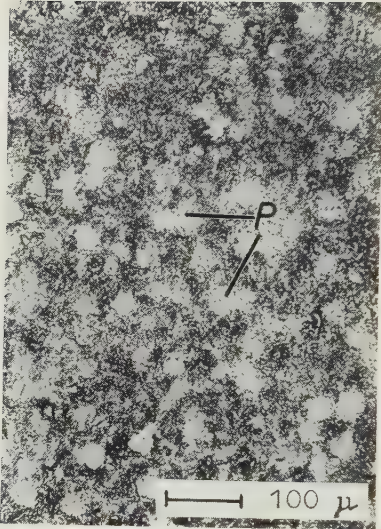


Abb. 31 Finierer (P=Polymerkugeln, angeschliffen)

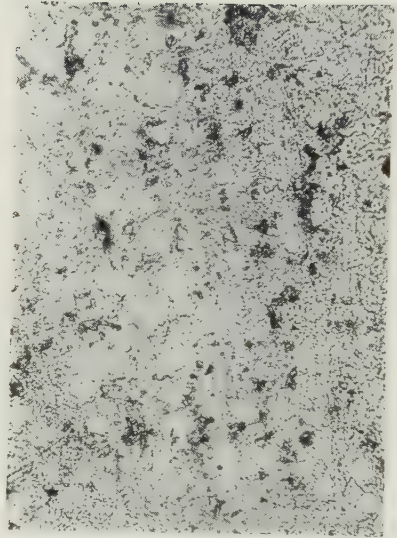


Abb. 32 Arkansasstein



Abb. 33 Sandpapier



Abb. 34 Gummipolierer

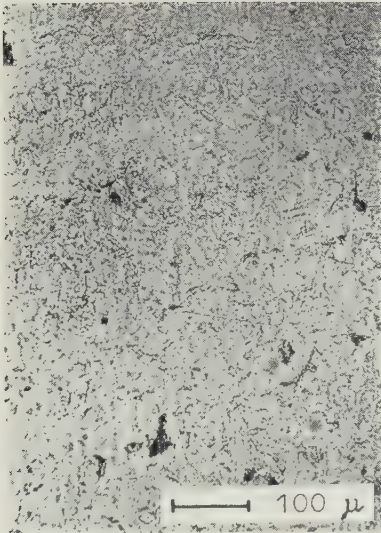


Abb. 35 Achatstein



Abb. 36 Filz mit Schlammkreide (K=Kristalle)



Abb. 37 Bürste mit Schlammkreide

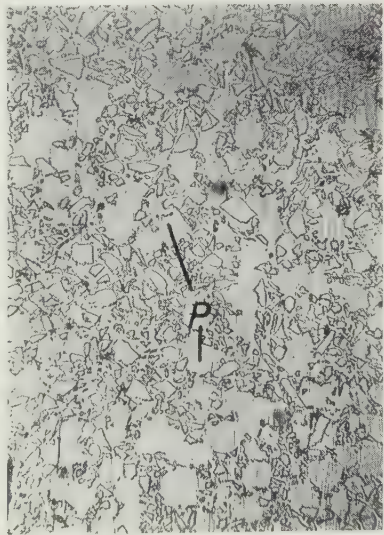


Abb. 38 Schwabbel mit Schlammkreide (P=Polymerkugeln)

3.4.2.2 Tastschnitte

Die Tastschnitte lieferten quantitative Einzelheiten über die Rauigkeit. Um eine Übersicht über die Rauhtiefengröße und die Riefenzahl aller Materialien und Bearbeitungsarten zu erhalten, werden die an den Tastschnitten ausgemessenen Rauhtiefen und die Zahl der Riefen, die sich durchschnittlich auf einer Meßstrecke von 0,25 mm befinden, in einer Tabelle zusammengefaßt (Tab.1).

Bearbeitungsart	Palavit 55		F1		Achat. bioc.	
	Rt	Rz	Rt	Rz	Rt	Rz
ohne Abdeckung	10,0	7	9,0	9	10,0	8
Zellophanstreifen	1,5	3	1,7	4	1,2	1
Finierer	3,5	15	10,0	13	12,0	13
Stein	4,0	6	3,5	13	5,5	13
Sandpapier	0,5	11	1,7	11	4,0	11
Gummipolierer	4,5	11	6,0	12	7,0	11
Achatstein	1,5	5	3,0	9	6,0	12
Filz	1,5	8	6,5	13	5,5	14
Bürste	3,0	3	6,0	14	5,0	15
Schwabbel	2,0	6	2,8	13	5,5	14

Tabelle 1

Rauhtiefen und Riefenzahl bei Palavit 55, F1 und Achatit biochromatic von verschiedenen Oberflächen (siehe auch Abb.39-69).

(Rt = Rauhtiefen in μ ; Rz = Riefenzahl pro 0,25 mm)

Gleiche Kurvenbilder zeigen die ohne Abdeckung ausgehärteten und unbearbeiteten Oberflächen aller drei Materialien. Palavit weist weniger Riefen als F1 und Achatit biochromatic auf. Die Rauhtiefen dieser Proben sind gleich. Bei den unter Zellophanabdeckung gewonnenen Oberflächen sind sich die Tastschnitte von Palavit 55 und F1 sehr ähnlich. Beim F1 ist lediglich die Anzahl der Riefen geringfügig höher. Ein anderes Bild zeigt dagegen die Achatit biochromatic - Oberfläche. Sie hat nur sehr wenige Riefen und kleine Rauhtiefen.

Bei allen Bearbeitungsarten weist Palavit 55 im Gegensatz zu Achatit biochromatic die geringsten Rauhtiefen und eine kleinere Anzahl von Riefen auf. Zwischen beiden Werkstoffen bewegen sich die Zahlen für F1. Untereinander sehr ähnlich sind die Werte die durch Sandpapierbearbeitung bei allen Werkstoffen erzielt werden. Gleich dem Sandpapier verhält sich der Gummipolierer, der bei größeren Rauhtiefen die drei Materialien annähernd gleichartig einebnet. Sehr abweichend voneinander sind Tastschnittwerte durch die der Sandpapierbehandlung folgende Schwabbel- Bürsten- und Filzpolitur. Bei Palavit 55 nimmt die Riefenzahl ab und die Rauhtiefen bleiben im wesentlichen unverändert. Dagegen werden bei F1 und Achatit biochromatic die Riefenzahl und die Rauhtiefen größer.

Arkansasstein und Achatstein bewirken eine Zunahme der Rauhtiefen und Riefenzahl in Materialreihenfolge:

Palavit 55, F1, Achatit biochromatic.

Die größten Werte von Rauhtiefen und Riefenzahl bringt die Verwendung des Finierers, was besonders bei F1 und Achatit biochromatic zu beobachten ist.

Abb. 41 Finierer

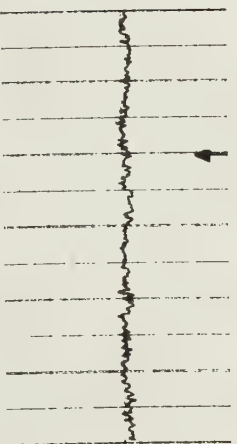


Abb. 42 Arkansasstein

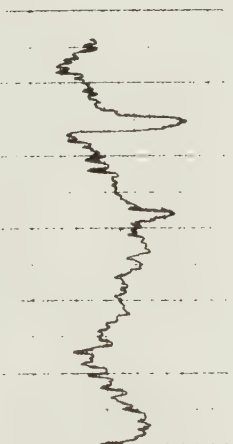


Abb. 43 Sandpapier

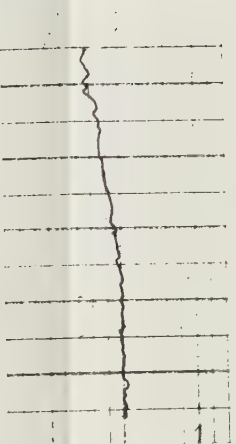


Abb. 44 Gummipolierer

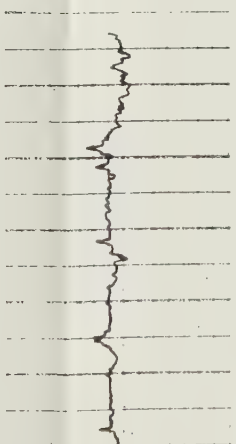


Abb. 45 Achatstein

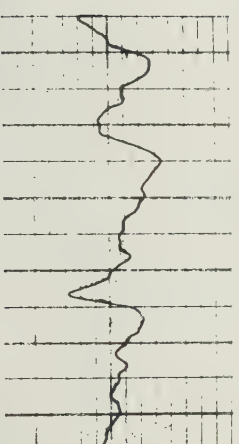


Abb. 46 Filz mit Schlämmkr.

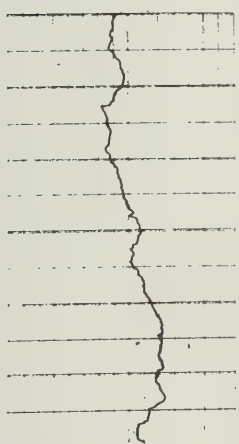


Abb. 47 Bürste m. Schlämmkr.

Abb. 48 Schwabbel m. Schlämmkr.

Tastschnitte von Palavit 55

Vergrößerung: horizontal 1:40, vertikal 1:4.000

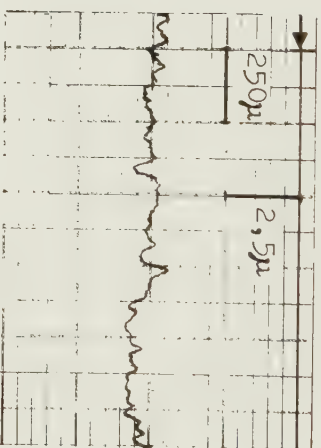
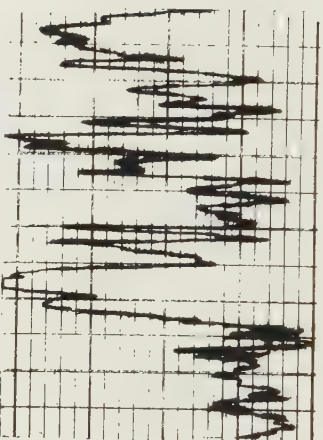


Abb. 39 Ohne Abdeckung

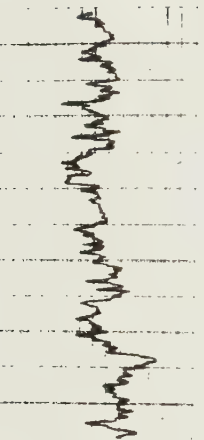
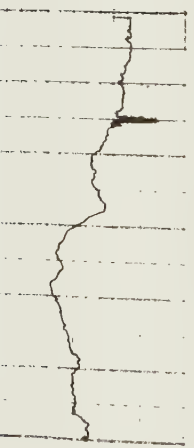


Abb. 40 Zellophanstreifen



Tastschnitte von Achatit biochromatic

Vergrößerung: horizontal 1:40, vertikal 1:4.000

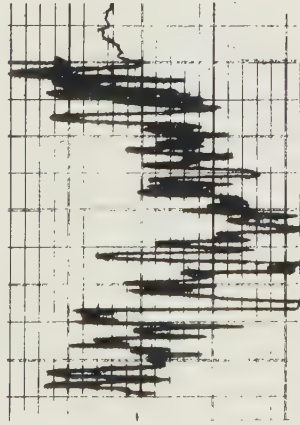


Abb.49 Ohne Abdeckung

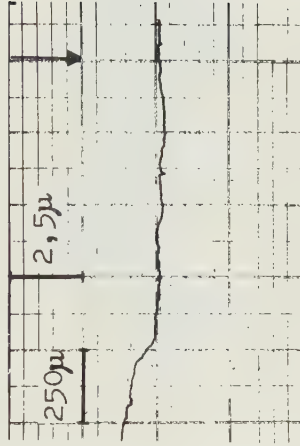
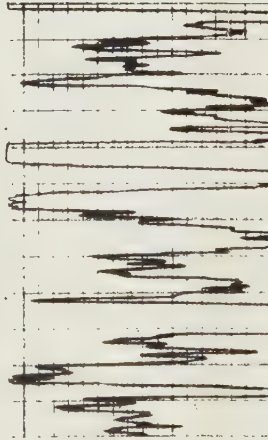


Abb.50 Zellophanstreifen

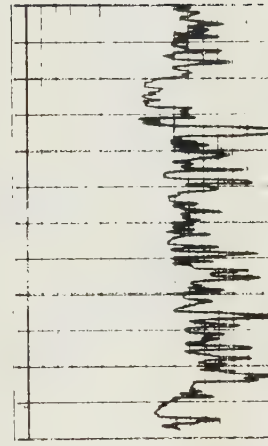


Abb. 51 Finierer

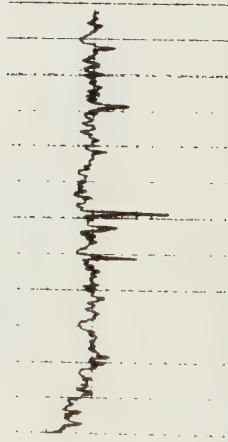


Abb. 52 Arkansasstein

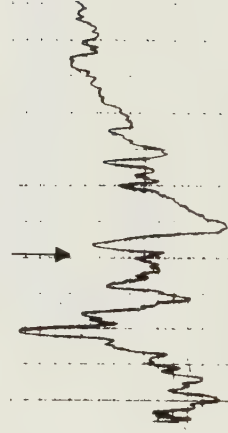


Abb. 53 Sandpapier

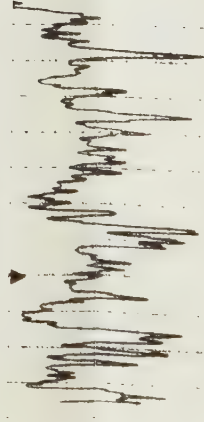


Abb. 54 Gummipolierer



Abb. 55 Achatstein

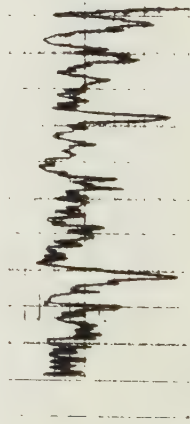


Abb. 56 Filz mit Schlämmkr.

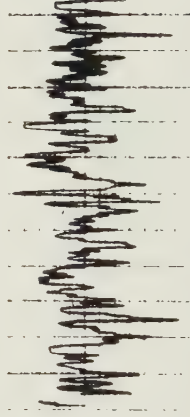


Abb. 57 Bürste m. Schlämmkr.

Abb. 58 Schwabbel m. Schlämmkr.

4. Diskussion

4.1 Farbbeständigkeit

Die geringe, für das Auge nicht wahrnehmbare Farbveränderung, die F1 durch die Bestrahlung mit ultravioletttem Licht erfährt, zeugt von der Verbesserung der Kunststoff-Füllungsmaterialien, die diese seit ihrer Einführung in die konservierende Zahnheilkunde besonders in Bezug auf ihre Farbstabilität erfuhren. Während die ersten im Handel befindlichen Präparate starke Farbveränderungen zeigen, so geht aus den letzten Veröffentlichungen hervor, daß die meisten jetzt zur Verarbeitung gelangten Werkstoffe keine Farbveränderungen aufweisen. Eine geringe Farbstabilität besitzen von den jüngeren Präparaten nur diejenigen, deren chemische Zusammensetzung nicht ausschließlich auf den Polymethakrylaten basiert. Dagegen lassen alle im selben Test geprüften, zu den Polymethakrylaten gehörenden Füllungsmaterialien keine Farbveränderung erkennen (41). Daraus kann geschlossen werden, daß die durch Bestrahlung auftretenden Farbveränderungen bei den Methakrylatkunststoffen weitgehend eliminiert wurden. Das mit dem F1 als Vergleichsmaterial in dieser Arbeit untersuchte Palavit 55 bestätigt diese Feststellungen. Welche Zusammensetzung der organische Bestandteil des F1 hat, läßt sich auf Grund der fehlenden Angaben seines Herstellers nicht sagen. Aus dem Geruch des Monomers und der Löslichkeit des Polymers in Chloroform kann vermutet werden, daß es sich um ein Methakrylat handelt. Die Versuche lassen erkennen, daß die Farbstabilität des F1 der der Methakrylate gleichwertig ist. Die anorganischen Beimengungen scheinen keinen Einfluß auf die Farbstabilität von Kunststofffüllungsmaterialien zu haben. Auch bei einem Kunststoff mit organischen Zusätzen (Mer-Don) treten keine sichtbaren Farbveränderungen auf (41).

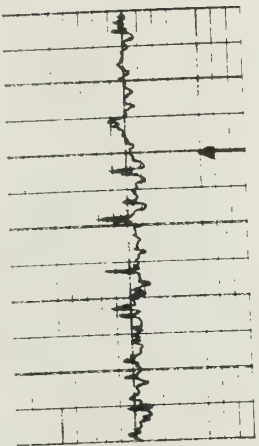


Abb. 63 Sandpapier

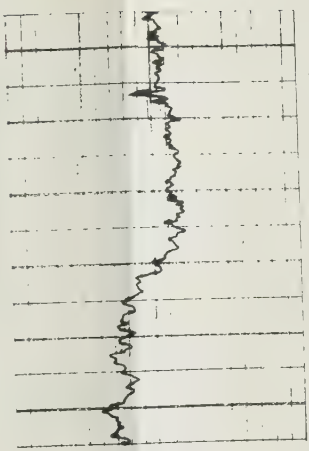


Abb. 65 Achatstein

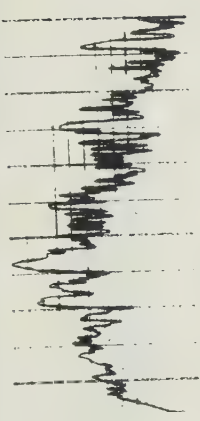


Abb. 67 Bürste m. Schlammkr.

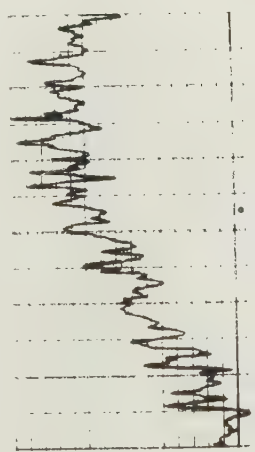


Abb. 64 Gummipolierer

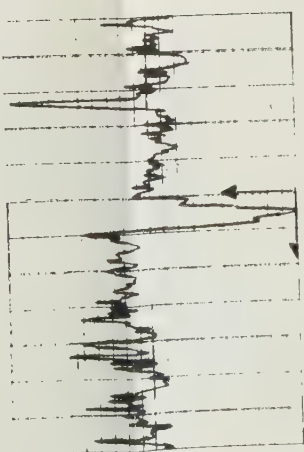


Abb. 66 Filz mit Schlammkr.



Abb. 68 Schwabbel m. Schlammkr.

Tastschnitte von F1

Vergrößerung: horizontal 1:40, vertikal 1:4.000

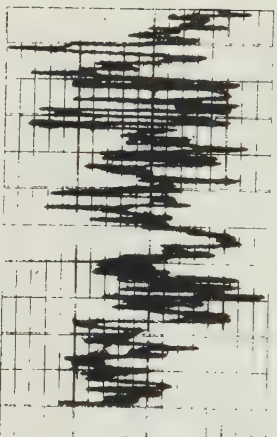


Abb. 59 Ohne Abdeckung

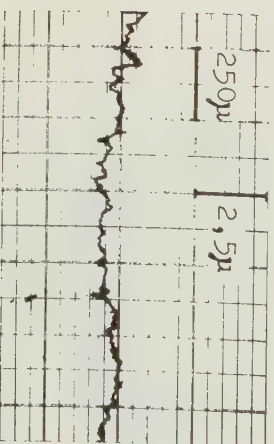
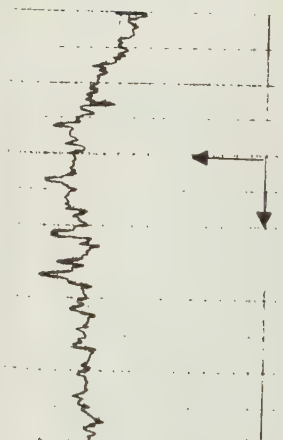


Abb. 60 Zellophanstreifen



4.2 Anfärbbbarkeit

Die starke Anfärbbbarkeit des Silikatzementes mit Methylenblau, die sich bei den hier geprüften Achatit biochromatic - Prüfkörpern zeigt, ist in der gleichen Intensität bei ähnlichen Untersuchungen gefunden worden (10,27). Die Anfärbungsversuche an Kunststofffüllungsmaterialien werden in sehr vielen Arbeiten vorgenommen (13,15,24,27,29,30,35,37,41,45,46). Sie begleiten diesen Werkstoff seit seiner Verwendung in der konservierenden Zahnheilkunde. Die Wasserabsorption von Kunststoff nach der Polymerisation veranlaßt zu der Vermutung, daß ein infiltrierendes Eindringen von Farbstoffen auf dem gleichen Weg stattfinden kann (55). Abgesehen von einem Anfärbungsversuch kann ein Eindringen von Farbstoffen in keinem Test festgestellt werden. Die einzige beobachtete Infiltrationsverfärbung bei Kunststoffen entsteht bei einer Färbung mit Löfflerscher Methylenblaulösung. Die Ursache hierfür können die in der Löfflerschen Lösung vorhandenen Bestandteile Alkohol und Kalilauge sein.

Die eigenen Ergebnisse von Färbungsversuchen an Palavit und F1 bringen keine neuen Tatsachen, auch nicht für das mit einem anorganischen Füllstoff versehene F1. Die geringe Färbbarkeit, das leichte Entfernen der Farbe durch Schwabbelpolitur, sowie die Tatsache, daß alle Farbpartikel in einem von der Oberfläche gewonnenen Abdruck haften bleiben, sind Beweise für eine nur oberflächliche, unbedeutende Farbanlagerung. Dies wird auch in einer Veröffentlichung amerikanischer Autoren (41) bestätigt. Bei ihren Versuchen zeigt sich keine Infiltrationsverfärbung, weder bei den reinen Kunststoffen, noch bei solchen mit anorganischen Beimengungen. Die oberflächlichen Farbanlagerungen lassen sich auch hier durch Bearbeitung mit einer Bürste beseitigen.

4.3 Oberflächenuntersuchungen

Die ohne Abdeckung ausgehärteten Prüfkörper zeigen eine große Rauigkeit in den Tastschnitten, die dem deutlichen Hervortreten der einzelnen Pulverbestandteile in den Oberflächenbildern aller drei Werkstoffe entsprechen. Daher sollten in Übereinstimmung mit den Empfehlungen EIFINGERS (11) keine frei erhärteten Oberflächen unbearbeitet bleiben. Die glatteste aller 30 mit dem Perth-O-Meter untersuchten Oberflächen hat der Achatit biochromatic - Prüfkörper, der unter einem Zellophanstreifen erhärtete. Der Tastschnitt wird durch das Bild des Oberflächenabdrucks ergänzt. Auf einer glatten, nicht strukturierten Fläche sind nur vereinzelte Blasen zu sehen, die wahrscheinlich beim Aufbringen des Zellophanstreifens aus Lufteinschlüssen entstanden sind. Dieses Untersuchungsergebnis bestätigt frühere Veröffentlichungen, die von der Bildung einer Rindenschicht sprechen (9,21,47). Es unterstützt außerdem die Forderung, die Bearbeitung einer Silikatzementfüllung auf ein Mindestmaß zu beschränken (19,47). Im beträchtlichen Gegensatz zu den Oberflächenbefunden des Achatit biochromatic stehen die Untersuchungsergebnisse von Palavit 55 und F1. Obwohl auch bei ihnen eine glatte Oberfläche durch Zellophanstreifenabdeckung erwartet werden konnte, haben beide eine sehr viel rauhere Oberfläche. Ihre Tastschnitte weisen größere Rauhtiefen und eine höhere Riefenzahl auf. Das kann nur so erklärt werden, daß diese beiden Füllungswerkstoffe den Zellophanstreifen anlösen. Auf diese Weise werden die Pulverbestandteile der Werkstoffe an der Oberflächenbildung beteiligt. Die Bilder der Oberflächenabdrücke bestätigen diese Annahme. Sie zeigen schwach sichtbare Formenbestandteile der einzelnen Pulverkomponenten.

Die anorganischen Bestandteile des F1 Pulvers, die, wie aus der Literatur hervorgeht (1), anderen Kunststoffen zum Zwecke der Verbesserung der Volumenkonstanz und der Abriebfestigkeit hinzugefügt sind, dürften bei ihm mit dem gleichen Ziel verwendet werden. Ihre Rolle bei der Bearbeitung der Füllungs Oberfläche zeigen die Vergleiche mit Palavit 55, einem reinen Kunststoffpräparat und Achatit biochromatic, einem Silikatzement mit Glasfaserzusatz. Das Palavit 55 verhält sich gegenüber den benutzten Schleif- und Poliermethoden mit Handstückinstrumenten als homogener Werkstoff. Es zeigt in den Abdrücken seiner Oberflächen verschieden stark ausgeprägte Bearbeitungsspuren, deren Deutlichkeit von der Art der Bearbeitung abhängig ist. EIFINGER (11) kommt in seiner Arbeit über die Politur von Füllungsmaterialien zu gleichen Ergebnissen. Abweichend ist nur die Beurteilung der durch den Finierer bearbeiteten Oberfläche. Während EIFINGER (11) die vom Finierer geschaffene Oberfläche als "gut eingeebnet" bezeichnet, zeigt sie sich im Bild und ganz besonders im Tastschnitt der hier durchgeführten Untersuchungen als eine der rauhesten. Bei einer sehr exakten Untersuchung an Palavitoberflächen durch KÖRBER (28) mit dem Lichtschnittmikroskop (Empfindlichkeit von 2 bis $0,03 \mu$), kann trotz der Anwendung von sehr gründlichen und feinen Poliermethoden keine absolut glatte Oberfläche beobachtet werden. Außerdem wird eine besondere Anfälligkeit der aus dem Monomer hervorgegangenen Zwischensubstanz gegenüber Lösungsmitteln festgestellt. Nach kurzem Eintauchen in ein Lösungsmittel zeigen Oberflächenbilder ein Herausragen von Polymerkornscheiben aus der Zwischensubstanz. Die eigenen Beobachtungen an einer durch Bürste und Schwabbel mit Schlämmkreide polierten Palavitoberfläche (Abb.8), die die Konturen der als Scheiben erscheinenden, angeschnittenen Polymerkörner deutlich erkennen läßt, deutete auf eine

unterschiedliche Härte von Polymerkörnern und Zwischen-
substanz hin. KÜRBERS (28) Polier- und Anlösungsversuche
bestätigen diese Annahme. Dem deutlichen Hervortreten
der Kristalle aus der Oberfläche des Achatit biochro-
matic entspricht die Zunahme der Rauheitsgrößen im
Tastschnitt gegenüber einer mit Sandpapier eingeebneten
Fläche. Gummipolierer und Filz, Bürste und Schwabbel
(mit Schlammkreide) polieren die weichere Gel-Matrix
weg und lassen die Kristalle stehen. Daraus muß ge-
schlossen werden, daß die Matrix gegenüber mechanischer
Beanspruchung weniger widerstandsfähig ist. Eine in
einer Arbeit von PHILIPS (41) bei hoher Vergrößerung
gezeigte Silikatzement-Oberfläche, läßt Pulverkristalle
erkennen, die sich eindeutig von der sie umgebenden Gel-
Matrix abheben. Diese Aufnahme ist eine Bestätigung der
in dieser Untersuchung aufgenommenen Oberflächenbilder.
Dagegen konnte RIEDEL und VAHL (48) im Auflichtelektro-
nenmikroskop keine strukturellen Unterschiede zwischen
Matrix und Silikatkörnern feststellen. Nach den Ergeb-
nissen der hier vorliegenden Arbeit können solche
Unterschiede nicht erwartet werden, denn die genannten
Autoren beobachteten Oberflächen, die mit einem montierten
Stein bearbeitet oder unter einem Zellophanstreifen er-
härtet wurden. Strukturelle Unterschiede sind aber nach
den hier gewonnenen Ergebnissen nur zu sehen, wenn eine
Bearbeitung mit Instrumenten stattgefunden hat, die die
Gelmatrix zwischen den Pulverkörnern herausarbeiten, wie
das bei einer Bürste der Fall ist. In einer Veröffentli-
chung von KRÖNGKE und MOGG (29) werden bei gleichzeiti-
ger, ungenügend visueller Inspektion die Rauhtiefen
einer Silikatoberfläche gemessen. Die beiden Autoren er-
mitteln trotz aller Polierversuche nur Rauhtiefen, die
zwischen 13 und 19 μ liegen. Eigene Untersuchungen aber
zeigen, daß gerade durch Polieren mit Filz, Schwabbel
und Bürste die Rauhtiefen einer mit Sandpapier auf 3 μ

eingeebneten Fläche wieder auf $6\ \mu$ ansteigen. Die Erklärung hierfür liefern 100-fach vergrößerte Abbildungen der Oberflächenabdrücke, die ein deutliches Heraustreten der Silikatkristalle aus der Grundmasse erkennen lassen, nachdem diese poliert wurde.

Die ausschließlich durch Beobachtung der vergrößerten Oberflächenabdrücke gewonnenen Ergebnisse der Arbeit EIFINGERS (11) weisen keinen Unterschied zwischen einer mit Finierern und Arkansasstein bearbeiteten Oberfläche auf.

Die Rauhtiefen der Tastschnitte aus der eigenen Arbeit sind bei Finierbearbeitung um das doppelte höher als bei der Bearbeitung mit dem Arkansasstein, obwohl die Bilder der beiden Oberflächenabdrücke sich sehr ähnlich sind.

Die zuletzt angeführten Beispiele sind eine Bestätigung der Notwendigkeit, Oberflächen nach ihrem Bild und durch Messung ihrer Gestalt zu beurteilen. Bei Untersuchungen der Oberflächengestalt von Zahnhartsubstanzen nach Bearbeitung mit umlaufenden Instrumenten wurde bereits auf die Wichtigkeit dieser kombinierten Methode von ONTRUP (36) hingewiesen.

Die mit Sandpapier eingeebnete Fläche des Achatit biochromatic zeigt deutlicher als alle anderen Aufnahmen runde Formen, deren kleinste mit einem Durchmesser von $10\ \mu$ als Querschnitte von Glasfasern angesehen werden könnten. Bei den größeren dürfte es sich um Luftblasen handeln. Sehr klar sind auf den Aufnahmen der mit Finierer und Achatstein bearbeiteten Oberflächen freigelegte Glasfasern bzw. die leeren Hohlräume, aus denen die Fasern herausgerissen wurden, zu sehen. Das Verhalten der an der Oberfläche liegenden Glasfasern wird durch die Beobachtung von RIEDEL und VAHL (48) bestätigt. Sie sehen an bearbeiteten Achatit biochromatic-

Oberflächen freigelegte und aus ihrer Einbettung herausgeschlagene Glasfasern. Auch FRITZ und KETTERL (17) bestätigen ein Herausragen von Glasfasern aus der Zementmasse. Die Glasfaserzusätze bei Silikatzementen erweisen sich nach diesen Erfahrungen als sehr ungünstig für die Schaffung einer Oberfläche mit geringen Rauigkeiten.

Die Ergebnisse aus den Beobachtungen der Abdrücke und den Tastschnitten der F1- Oberflächen zeigen, daß die üblichen Poliermaßnahmen für Kunststoffe bei diesem Material nicht geeignet sind. Die unterschiedliche Härte der Bestandteile fordert eine Bearbeitungsmethode, die alle an der Oberflächenbildung beteiligten Stoffe gleichmäßig einebnet. In den eben diskutierten Eigenschaften von Silikaten und Kunststoffen finden sich Parallelen zum F1. Die anorganischen Bestandteile ähneln sehr den Silikarpulverkörnern. Ihre Haftung in dem sie umgebenden Kunststoff ist nach elektronenmikroskopischen Untersuchungen sehr gut (32). Ein Herausreißen durch Bearbeitung mit montiertem Stein oder Finierer läßt sich an Hand der Oberflächenabdrücke bei F1 nicht nachweisen, muß aber auf Grund der Tastschnittergebnisse zumindest nach Bearbeitung mit dem Finierer vermutet werden. Auflichtelektronenmikroskopische Beobachtungen an Kunststoffen mit Glasfaserzusätzen zeigten das bereits (48).

Bei Achatit biochromatic ist ein Herausschlagen der Pulverkörner und Glasfasern durch rotierende Bearbeitungsinstrumente, wie Finierer und montierte Steinchen, mit Sicherheit anzunehmen, da die erzeugten Rauhtiefen die Größe der beim Palavit durch gleiche Bearbeitung erzielten Rauhtiefen weit übersteigen.

Dem Hervortreten der Kristalle aus dem Niveau einer polierten Silikatoberfläche entspricht beim F1 das Herausragen des anorganischen Füllstoffes über die wegpolierte Kunststoffmatrix.

Aus den früheren Untersuchungen an Palavit und den eigenen an F1 und Palavit muß angenommen werden, daß die Zwischensubstanz weichster Materialbestandteil gegenüber mechanischen Einwirkungen ist. Beim F1 ist der anorganische Füllstoff in diese aus dem Monomer hervorgegangene Zwischensubstanz eingebettet.

Die guten Ergebnisse, die durch Bearbeitung mit Sandpapier feinster Körnung bei Achatit biochromatic und F1 erzielt werden, lassen ein Schleifen und Polieren durch rotierende Instrumente bei diesem Material als nicht zweckmäßig erscheinen. Wenn es nicht möglich ist, die unter einem Zellophanstreifen oder einem Metallmatrizenband erhärtete glatte Oberfläche zu erhalten, sollten zum Nacharbeiten nur Mittel verwendet werden, die die in ihrer Härte unterschiedlichen Materialbestandteile annähernd gleichmäßig einebnen. Am besten ist dafür der Leinenstreifen in feinster Körnung geeignet.

5. Zusammenfassung

Die nach der FDI-Spezifikation Nr. 3 Abs.4.3.6 durchgeführte Prüfung auf Farbbeständigkeit an den Füllungswerkstoffen F1 und Palavit 55 zeigte bei visueller Inspektion keine wahrnehmbaren Farbunterschiede zwischen bestrahlten und unbestrahlten Prüfkörpern. Durch eine Farbmessung konnte festgestellt werden, daß die Zahlenwerte der Farbunterschiede in den vom Auge nicht wahrzunehmenden Grenzen liegen.

Die Versuche zur Anfärbbarkeit der Werkstoffe F1, Palavit 55 und Achatit biochromatic mit wässriger Methylenblaulösung an bearbeiteten und unbearbeiteten Flächen ergaben eine starke Anfärbbarkeit des Silikatzementes, eine minimale des F1 und eine auf die während der Bearbeitung eröffneten Porositäten beschränkte bei Palavit 55. Die Anfärbung von F1 beruhte auf einer oberflächlichen Farbanlagerung.

Die quantitative und qualitative Untersuchung von F1-, Palavit- und Achatit biochromatic - Oberflächen, die sich durch verschiedene Bearbeitungsmethoden erzielen lassen, wurde mit 100-fach vergrößerten Oberflächenabdrücken und mit Tastschnitten durchgeführt. Eine der glattesten Oberflächen entstand bei allen drei Werkstoffen unter dem Zellophanstreifen. Palavit 55 ließ sich mit den für Kunststoffe üblichen Mitteln gut polieren. F1 und Achatit wurden nur mit dem Leinenstreifen feinsten Körnung gut eingeebnet. Eine Politur mit Filz, Schwabbel und Bürste hatte ein Ansteigen der Oberflächenrauigkeit zur Folge, weil die weichere Kunststoff- bzw. Gelmatrix zwischen den härteren Kristallbestandteilen herauspoliert wurde.

6. Literaturverzeichnis

1. Baume, L.J. und J.C. Franquin:
Die Füllungsmaterialien für Frontzähne heute
Zahnärztl. Welt 68, 403 (1967)
2. Bertram, F.-J.:
Zahnärztliche Kunststoffe und ihre Proble-
matik mit besonderer Berücksichtigung selbst-
härtender Füllungsmaterialien
Med.Diss. Düsseldorf 1956
3. Burkart, W. und O. Schmidt:
Vom Schleifen und Polieren der Kunststoffe
Dtsch. zahnärztl. Z. 15, 1570 (1960)
4. Castagnola, L. und M. Marx:
Über Polymerisationsvorgänge und Farbveränderungen
der selbstpolymerisierenden Kunstharze.
Dtsch. zahnärztl. Z. 8, 1105 (1953)
5. Castagnola, L. und H. v. Arx:
Selbstpolymerisierende Kunststoffe
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 64, 1103 (1954)
64, 1245 (1954)
6. Caul, H.J., Stanford, J.W. and Serio, A.F.:
Properties of self-curing denture base resin
J. Amer. dent.Ass. 44, 295 (1952)
7. Caul, H.J., and C. Schoonover:
The color stability of direct filling resins
J. Amer. dent. Ass. 47, 448 (1953)

8. Dolder, E.:
Nichtmetallische Werkstoffe
In: Die Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
Band 5, München - Berlin
Urban und Schwarzenberg 1955 734-763
9. Dolder, E.:
Physikalische Eigenschaften des Silikat-
zementes und schnellhärtender Kunststoff
Dtsch. zahnärztl. Z. 12, 1 (1957)
10. Dreßler, Hildegard:
Vergleichende mechanisch-physikalische Unter-
suchungen von 10 Silikatzementen
Med.Diss. Freie Univ. Berlin (1964)
11. Eifinger, F.F.:
Lichtmikroskopische Untersuchungen zur Poli-
tur plastischer Füllungsmaterialien
Dtsch. zahnärztl. Z. 19, 561 (1964)
12. Erni, Heinz:
Farbbeständigkeit und Toxizität selbsthärten-
der zahnärztlicher Kunststoffe
Med.Diss. Zürich 1957
13. Eymann, Dieter:
Werkstoffkundliche Untersuchungen über das
Füllungsmaterial Cadurit
Med.Diss. Univ. d. Saarlandes 1963
14. FDI - Spezifikationen:
für Prothesenkunststoffe Nr.3
für Silikatzemente Nr.5
Zahnärztl. Mitt. 57, 111 (1967)
57, 223 (1967)

15. Fischer, C.-H. und K. Münstermann:
Die Porosität schnellhärtender Kunststoffe
Stoma 6, 76 (1953)
16. Fischer, C.-H., H. Stegmann und E. Wildhagen:
Experimentelle Untersuchungen über die
Farbbeständigkeit schnellhärtender Kunststoffe
Dtsch. zahnärztl. Z. 9, 1073 (1954)
17. Fritz, W. und W. Ketterl:
Untersuchungen über Silikatzemente mit und
ohne Gitterzusatz
Dtsch. zahnärztl. Z. 21, 794 (1966)
18. Gülzow, H.-J.:
Klinische und histologische Untersuchungen
über das Füllungsmaterial P - Cadurit
Dtsch. zahnärztl. Z. 20, 1100 (1965)
19. Harndt, E.:
Caries, Klinik und Therapie
In: Die Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
Band 2, München - Berlin
Urban und Schwarzenberg 1955, 398
20. Herting, H.A.:
Experimentelle Untersuchungen über die Farb-
beständigkeit des schnellhärtenden Kunststoffes
Med.Diss. Kiel 1953
21. Heuser, H.:
Oberflächenmikroskopische Untersuchungen über
den Randschluß von Füllungen
Stoma 1, 5 (1948)
2, 16 (1949)

22. Janke, G.:
Über Abbauvorgänge an zahnärztlichen Kunst-
stoffen (Alterung durch Korrosion)
Dtsch. zahnärztl. Z. 22, 684 (1967)
23. Jung, T.:
Schleif- und Poliermittel:
In: Leitfaden zahnärztlicher Werkstoffe
und ihre Verarbeitung
2. Auflage
Berlin, Berlinische Verlagsanstalt G.m.b.H.
1967, 333 - 341
24. Kapsimalis, P., R. Evans u. E. Sterling:
Color stability and resistance to staining
of resin veenering materials
J. Prosth. Dent. 14, 925 (1964)
25. Kaufmann, D.:
Wichtige mechanisch-physikalische Eigenschaften
des Palavits im Vergleich zu anderen schnell-
härtenden Kunststoffen und anderen Füllungs-
materialien
Med.Diss. F.U. Berlin 1955
26. Ketterl, W. und H. Kierse:
Die Autopolymerisate als Füllungsmaterial
Dtsch. zahnärztl. Z. 7, 745 (1952)
27. Knüppel, H.:
Experimentelle Untersuchungen des neuen
Frontzahnfüllungsmaterials Cadurit
Med.Diss. Kiel 1961

28. Körber, E.:
Oberflächenbearbeitung zahnärztlicher
Kunststoffe
Dtsch. zahnärztl. Z. 15, 562 (1960)
29. Kröncke, A. und E. Mogg:
Untersuchungen über das Füllungsmaterial
Cadurit
Zahnärztl. Welt 5, 280 (1961)
30. Künzel, W.:
Vergleichende Untersuchungen schnellhärten-
der Kunststoffe
Dtsch. Zahn-, Mund- und Kieferhk. 23, 299 (1956)
31. Langeland, L.K., J. Guttuso, D.R. Jerome und
K. Langeland
Histologic and clinical comparison of Addent
with silicate cements and cold-curing materials
J. Amer. dent.Ass. 72, 373 (1966)
32. Lenz, H. und J. Viohl:
Werkstoffkundliche Untersuchungen mit einem
neuen Kunststofffüllungsmaterial
Dtsch. zahnärztl. Z. 23, 218 (1968)
33. Martin, R.:
Physikalisch-chemische Untersuchungen über
das Versuchspräparat Palavit F
Zahnärztl. Rdsch., 62, 224 (1953)
34. Martin, R.:
Untersuchungen über Verfärbungen bei Palavit
Dtsch. zahnärztl. Z. 7, 225 (1953)

35. Meyer, H.:
Über Verfärbungen an der Oberfläche von Prothesenkunststoffen infolge fehlerhafter Bearbeitung mit besonderer Berücksichtigung der sogenannten Spannungsrisse
Dtsch. zahnärztl. Z. 15, 572, (1960)
36. Ontrup, D.:
Die Oberflächengestalt der Zahnhartsubstanzen nach Bearbeitung mit umlaufenden Instrumenten
In: Normal-, hoch und höchsttouriges Bohren und Schleifen von Zahnhartsubstanzen
München, Carl Hanser Verlag 1966 p. 49
37. Overdieck, H.F.:
Verfärbungen von Hesacryl - Füllungen
Zahnärztl. Welt 7, 232 (1952)
38. Pantke, H. und U. Herrnsdorf:
Untersuchungen über die Oberflächenbeschaffenheit von Duroc- und Glastone Modellen
Dtsch. zahnärztl. Z. 21, 132 (1967)
39. Pantke, H.:
Die Füllung mit Autopolymerisaten
Dtsch. zahnärztl. Z. 20, 548 (1965)
40. Passow, H.:
Über Polymerisationsvorgänge und Farbveränderungen der selbstpolymerisierenden Kunstharze
Dtsch. zahnärztl. Z. 9, 35 (1954)
41. Peterson, E.A., R.W. Philips and M.L. Swartz:
A comparison of the physikal properties of four restorative resins.
J. Amer. dent. Ass. 73, 1324 (1966)

42. Pfisterer, H.:
In: Elektronenmikroskopische Untersuchungs-
und Präparationsmethoden. 2. Auflage
Berlin, Heidelberg, New York
Springer Verlag 1967 p. 350
43. Philips, R.W.:
Recent improvements in dental materials that
the operative dentist should know.
J. Amer. dent.Ass. 73, 84 (1966)
44. Pohlmann, G. und O.H. Volk:
In: Elektronenmikroskopische Untersuchungs-
und Präparationsmethoden. 2. Auflage.
Berlin, Heidelberg, New York
Springer Verlag 1967 p. 349
45. Pothmann, C.:
3 M - Addent, ein neues Füllungsmaterial
Zahnärztl. Welt 68, 164 (1967)
46. Rehberg, H.J.:
Die Ursachen der Verfärbung schnellhärtender
Kunststoffe
Dtsch. Zahn-, Mund-, Kieferhk. 18, 142 (1953)
47. Riedel, H.:
Zum gegenwärtigen Stand in der Beurteilung
von Füllungsmaterialien
1. Mitteilung: Silikatzemente und Gußfüllung
Dtsch. Zahnärztebl. 18, 215 (1964)

48. Riedel, H. und J. Vahl
Experimentelle Untersuchungen über neuzeitliche Füllungsmaterialien mit Hilfe des Raster - Elektronen - Auflichtmikroskopes
Dtsch. zahnärztl. Z. 22, 476 (1967)
49. Rollmann, Ch.:
Lichtbeständigkeit und Oberflächenbearbeitung der schnellhärtenden Kunststoffe
Med. Diss. F.U. Berlin 1955
50. Rothen, A.:
Porenbildung im schnellhärtenden Kunststoff.
Anmerkung zu der Arbeit von Prof. Th. Spreter v. Kreudenstein
Dtsch. zahnärztl. Z. 7, 715 (1952)
51. Schnell, H.:
Vergleichende Untersuchungen der physikalischen Eigenschaften von zahnärztlichen Silikatzementen mit und ohne Gitterkomponente und von selbsthärtenden Kunststoffen
Med.Diss. Zürich 1957
52. Schroeder, A. und St. Santorik:
Neue Untersuchungen über sogenannte selbstpolymerisierende Kunstharze
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 10, 937 (1950)
53. Schroeder, A.:
Problem: Kunststoff - Füllung
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 76, 852 (1966)

54. Spreter v. Kreudenstein, Th.:
Kariestherapie mit schnellhärtenden Kunst-
stoffen
München, Carl Hanser Verlag 1952
55. Spreter v. Kreudenstein, Th.:
Kann der schnellhärtende Kunststoff dem
Zahnarzt schon heute empfohlen werden ?
Dtsch. zahnärztl. Z. 10, 1615 (1955)
56. Spreter v. Kreudenstein, Th. und J. Stüben:
Ein neues Füllungsmaterial und seine
Eigenschaften
Zahnärztl. Prax. 13, 124 (1962)
57. Stüben, J.:
Experimentelle Untersuchungen über die
Porosität des schnellhärtenden Kunststoffes
Dtsch. zahnärztl. Z. 7, 616 (1953)
58. Voß, B.:
Experimentelle Untersuchungen über das
Verhalten des schnellhärtenden Kunststoffes
gegenüber verschiedenen Medikamenten
Med.Diss. Kiel 1952

Herrn Professor Dr.med. Dr.med.dent. Ewald Harndt danke ich für die Überlassung des Themas.

Für die Anleitung und Unterstützung bei der Durchführung der Arbeit spreche ich Herrn Dr.med.dent. J. Viohl und Herrn Dr.med.dent. H. Lenz meinen Dank aus.

Der Bundesanstalt für Materialprüfung danke ich für die Durchführung der Farbmessungen.

Frau Taubert und Frau Kaipert gilt mein Dank für die sorgfältige Ausführung der fotografischen Arbeiten.

Lebenslauf

Am 27.3.1935 wurde ich in Barchfeld/Werra geboren. Von 1941 bis 1949 besuchte ich die dortige Grundschule und danach die Oberschule in Bad Salzungen, die ich 1953 mit dem Reifezeugnis verließ.

In Rostock begann ich 1953 das Studium der Zahnheilkunde. Dort legte ich 1958 das zahnmedizinische Staatsexamen ab. Meine Pflichtassistentenzeit absolvierte ich an der Zahn- und Kieferklinik der Medizinischen Akademie in Magdeburg.

Von 1959 bis 1961 war ich als wissenschaftlicher Assistent an der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der Humboldt Universität Berlin tätig. Nach meiner Übersiedlung in die Bundesrepublik arbeitete ich bis 1965 als Assistent in der Praxis von Professor Dr. Dr. H. Götte in Aachen. Anschließend führte ich als Vertreter die Praxis eines erkrankten Kollegen in Berlin.

